让我们插上翅膀飞翔

—— 数学组合与 Smarandache 重空间

毛林繁

Let's Flying by Wing

— Mathematical Combinatorics & Smarandache Multi-Spaces

Linfan MAO

(3rd Edition)



Chinese Branch Xiquan House

2017

毛林繁

中国科学院数学与系统科学研究院研究人员
国际数学组合及应用研究院 (AMCA, 美国) 院长
《国际数学组合杂志》(ISSN 1937-1055) 主编
中国城市治理现代化研究院副院长
国际中智科学协会 (美国) 荣誉会员
北京建筑大学兼职教授、研究生导师
Email: *maolinfan@163.com*

让我们插上翅膀飞翔

—— 数学组合与 Smarandache 重空间

Let's Flying by Wing

——Mathematical Combinatorics & Smarandache Multi-Spaces

Linfan MAO

(3rd Edition)

Chinese Branch Xiquan House

2017

This book can be ordered in a paper bound reprint from:

Books on Demand
ProQuest Information & Learning
(University of Microfilm International)
300 N.Zeeb Road
P.O.Box 1346, Ann Arbor
MI 48106-1346, USA
Tel:1-800-521-0600(Customer Service)
http://wwwlib.umi.com/bod

Peer Reviewers:
Y.P.Liu, Department of Applied Mathematics, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, P.R.China.
F.Tian, Academy of Mathematics and Systems, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, P.R.China.
J.L. Cai, Department of Mathematics, Beijing Normal University, Beijing 100088, P.R.China.
H.Ren, East China Normal University, Shanghai 200062, P.R.China.

Many books can be downloaded from the following **Digital Library of Science**:

http://www.gallup.unm.edu/∼smarandache/eBooks-otherformats.htm

ISBN: 978-1-59973-519-1 **Price:** 65$



谨以此书献给广大的青年朋友、青年学者和我的女儿!

序 言

这是一本写给青年朋友和青年学者的书，是一位集数学、物理和经济管理等多科为一身的学者通过自身经历和对万物的认识，对青年朋友说的话。

青年时期是人生最美好的时期，是对未来充满着希望与幻想，奋发向上、立志成才的时期。常言说得好，“千里之行始于足下”。再长的路，一步一步也能走完，因为幻想通过实践可以变成理想和现实；再短的路，不迈开双脚也无法达到终点，因为画饼充饥永远解决不了饥饿。

人生的路不算长。作者先后在一家大型国有建筑公司工作十七年，在一家人民团体工作三年，在一家大型招标代理机构工作八年，在招标投标行业协会工作了八年半，人生过半，已知天命矣。虽如此，青年求学及对理想追求的情景还不时浮现在眼帘。故本书从 2010 年第 1 版起，内容就一直在不断充实、补充和完善。

中学时期作者是班上的佼佼者，特别是数学和物理，并立志要成为一个世人知晓的数学家。高考的失利使作者最终没能跨入大学的门槛，不得不到一家建筑公司当工人，但儿时的梦想并没有就此泯灭。工作之余，作者仍抱着大学数学专业书不放。借这家建筑公司在北京委托培养技术人才之际，作者来到了北京，在北京工业大学一位数学教授指导下，开始数学专业基础课以及图论的学习与研究。委培生学习结束，作者回到原建筑公司，工作之余仍坚持数学学习，参加自学考试完成了应用数学专业本科段的系统学习；随后以同等学历身份考入北方交通大学攻读博士学位。获得博士学位后，又进入中国科学院数学与系统科学研究院博士后流动站从事数学博士后研究工作，······。

在国家深化经济体制改革的大潮中，作者又始终从事着微观经济与宏观经济的理论研究与实践。现如今，作者已是身兼数学、物理和经济学研究为一身，研究员、教授级工程师和研究生导师为一身的业内专家、学者。而这当中，向着儿时梦想的迈进则成了鼓舞和鞭策作者前进的动力。

什么是失败？失败就是使得自己向成功走得更进的那一步。什么是成功？成功就是在走完了失败后剩下的那一条路。生活的乐趣并不仅在于成功，更多地，在于追求成功所付出的艰辛努力与过程。作者始终认为自己并没有成功，因为在实现一个目标的同时，作者又会为自己确定新的目标。即便到了今天，作者还会不时反省，及时调整自己人生的轨道以便向更高的目标迈进。

本书第 1 版的动因，是 2010 年 10 月作者回到了从小学到中学，并在之生活

了十年的四川省万源市，见到分别三十多年之久的初中同学。他们中有的在网上看过作者写的“我的数学之路”，纷纷向我索要含“我的数学之路”的那本文集（A Collection of Selected Papers on Smarandache Geometries & Combinatorial Maps, 美国 Chinese Branch Xiquan House 出版社出版，2006 年），说不为他们自己而是为他们的儿女，说作者从一个建筑工人到博士（后），并最终成为数学、物理和经济学者所经历的路，对于鼓励他们的儿女立志成才不无借鉴，但那本文集是给专门从事组合学、图论研究的人看的，并不适合中学生阅读。于是回到北京后，作者放下了手头的一些工作，将以往写的一些回忆性的，感觉中学生又能看懂的文章汇编成了一本小书，并按中学生的思维方式，将书名定为《让我们插上翅膀飞翔》(Let's Flying by Wing)，并在 2013 年出版了增扩版。同时，考虑到美国那家出版社的资助方向，结合作者这十多年的学术思想，加上了一个副标题：数学组合与 Smarandache 重空间，其中数学组合是作者这些年在 Smarandache 重空间基础上，倡导的一个在国际上与 Smarandache 悖论思想并列的科学思想。从系统科学角度讲，这两种思想正是数学乃至科学研究的翅膀（Wing of Scientific Research）。

本书第 3 版是在上两版基础上重新编辑与收录完成的。这一版读者对象也从青年学生扩展到了从事数学、物理、采购经济与管理的青年学者。共分为 5 篇，其中，第 1 篇“学海泛舟”延续了第 1 版励志的主题，收录了我的求学之路、我的数学之路、我的组合复兴之路、我的经济之路等回忆自己足迹的文章；第 2 篇 – 第 5 篇大多数为新收录文章。第 2 篇“万物自然”源于“道法自然”，实际上是记录作者的数学哲学及讲授学术思想的一篇。作者的学术思想大都散见于其采用英文发表的论文或是在国外出版的一些数学专著中，采用中文讲授的不多见，这也致使国内对作者的学术思想不了解。为此，这一版特将作者在一些数学与应用数学国际学术会议上的英文演讲、报告翻成中文收录；第 3 篇“采购经济”是作者这些年从事中国采购理论与实践研究，特别是涉及采购基础和采购优化思想的部分研究成果，因为中国的采购优化不是单目标而是多目标选择，这实际上是 Smarandache 重空间，或是作者的“数学组合”等理论在经济优化中的应用；第 4 篇“云端漫步”是自媒体时代，作者在一些网站 BBS、微博、微信中的只言片语。虽说属于不同时间作者的自言自语，但却可以完整体现作者的人生观、价值观和科学观，是自媒体时代作者思想的进一步展现；第 5 篇“媒体记载”主要收录了国内外友人在报纸、期刊、网站，或是学术著作中记载作者一些事迹的文章或是片段，因“他山之石可以借鉴”。

现对这一版作者一些文章的有关写作背景、趣事介绍如下:

“我的求学之路”是 2003 年为勉励一位到京遇到工作困惑的青年成才，作者在当时唯一拥有电话和打字功能的诺基亚双屏手机上写作的。文章写完后，正好看

到北京自学考试网上在进行“我与自学考试”征文活动，就用电子邮件发给了他们。这篇文章得到了许多网站的转载，有的用“我的求学之路”，有的用“我的自考求学路：从建筑工人到博士”等标题。

“我的数学之路”是为作者勉励青年学生，应邀于 2006 年 3 月在四川省万源市中学向全校师生报告的一篇文章。文中回顾了作者在万源中学学习过程以及高考失利后，由一个建筑工人，经过刻苦自学，历经委培生、建筑技术管理人员、博士生和博士后研究人员的全过程以及过程中与国内外数学家的交往。文中还回顾了作者提出数学组合化猜想的起因及国际上一些研究小组与人员对作者研究思想的关注。

“我的组合复兴之路”是 2010 年 3 月应教育部《中国科技论文在线》优秀学者访谈之约而作。多年来，作者一直处在该网站优秀学者数学累计点击率最高位置，也连续几年列入优秀学者月点击率前 50 名。2014 年 2 月，中国科技论文在线分专业进行十年数据统计，作者名列该网建站十年来数学类最受读者关注的优秀学者第一。多年的自学使作者一直就具有独立选题、独立进行科学研究的能力。加之这些年自己与国外学者的交流和国学思想的丰富，对一些科研课题的认识常与一些高校或研究机构的学者不同，而是采取从人与自然、科学与社会以及整个科学发展的眼光看问题，这也是这些年作者本人最愿意与青年学者分享的一个话题。文章力图回答怎样选题，什么课题值得去研究等，并回顾了自己从图论进入组合研究，由组合进入拓扑图论，直至拓扑学研究，最后进入微分几何和理论物理研究的整个过程，这当中，组合思想起到了穿针引线的作用，而不断地否定自我，并结合国际科学前沿提出新的研究课题，从而阐释人与自然协调发展则是个人学术发展的推动力，对青年学者的成长不无借鉴。

“我的经济之路”回顾了作者从事学术研究外的另一个侧面，即由一个建筑工人 - 架子工，经过三十多年的努力，历经委培生、施工企业工程师、建设单位基建顾问、总工程师和招标公司项目经理、专家、副总工程师，直到集数学、物理、微观经济和宏观经济学者为一身的艰辛历程。文章力图反映出作者的人生哲学与趣事，以及这一过程中诚实做人、本分做事和求真务实的人生观，对青少年朋友立志成才有一定的借鉴意义。

“傅氏级数、拉氏变换和 RMI 原则”和“学习数学的点滴体会”是作者 1985 年在北京城市建设学校学习期间，在学完徐利治教授《数学方法论选讲》和一些组合数学著作后，应《中专数学研究》编委会之约写的，并以学生习作发表在《中专数学研究》上的两篇文章。前者对数学上广泛使用的关系映射反演，即 RMI 原则进行介绍，后者则是站在中等专业学校学生角度，对掌握数学概念、定理的学习和个人题解库建设等写的一篇谈体会类文章。实际上，这也是作者从初中到高中数学学习经

验的总结，对青年学生学习数学有一些帮助。

“文化传承经典 数学理会万物 – 从 1+1 在什么情况下不等于 2 谈起”是作者 2015 年 6 月应邀在“国际数学组合及其应用研究院 (AMCA) 万源实验基地”落成仪式上作的科普报告。报告从 1+1 在什么情况下不等于 2、盲人摸象、薛定谔的猫等一些趣味数学问题谈起，采用通俗语言，融中国文化与科学为一体，寓教于乐，深入浅出地介绍数学组合对理解宇宙万物及人类社会复杂性、矛盾系统与自然真实，以及循环经济的作用等，是作者面向中学生和青年教师揭示数学组合功用的一次科普报告。报告完成后，其 PPT 版曾刊载于国际数学组合研究院（AMCA）网站：www.mathcombin.com，但其报告全文则一直没有整理刊发，此次为首次公布报告全文。

“组合学及其对现代数学物理影响”是 2012 年作者参加“全国第五届组合学与图论大会”后，应邀在内蒙古师范大学数学科学学院和北京建筑大学理学院为研究生和青年教师作的报告全文。“组合学”一词历来就有狭义和广义两种理解。狭义的组合学指图论和组合数学，包括组合计数与组合设计。广义的组合学实际上是哲学中“联系”观点在自然科学中的应用，即将事物间普遍联系视为组合学中的“关系”，进而采用空间拓扑图刻画事物客观性质。这种思想最初体现于作者为中国科学院数学与系统科学研究院完成的博士后报告，后在第二届全国组合学与图论大会上的报告“Combinatorial speculation and combinatorial conjecture for mathematics”（这篇报告发表后成了维基数字百科全书用匈牙利语解释“*combinatorics*”（组合学）一词的引用文献，得到时任国际数学家联盟 IMU 主席 L.Lovasz 教授的首肯）。文章通过几个著名的思想模型，如老婆老妈同时掉河里先救谁、薛定谔的猫、盲人摸象等思想模型，分析了人类认识过程，引入了 Smarandache 重空间和矛盾系统，以及将拓扑图作为系统组合结构的思想，讨论了抽象图在空间的嵌入、空间点 - 边标号图及一般几何空间的组合结构，特别是 Poincare 猜想的组合引申，即任何一个 3- 维单连通流形同胚于一棵 3- 维树等有趣的拓扑学结果以及其对 Einstein 引力场的贡献等，文中最后介绍了科研人修养问题，以及如何判断课题的重要性，进而进行研究的科学方法。

“数学组合与事物本真”是作者今年 4 月在成都“2017 春季应用数学与工程数学国际学术交流会”上所作的大会报告，原标题“连续与离散数学哪个跟有利于理解事物本真”是一个哲学话题。起因是 2015 年初，作者完成了数学组合的基础工作，即在拓扑图上拓广巴纳赫空间、希尔伯特空间，进而从数学上得到方程的重空间解，这对于解释一些神奇的物理现象，例如，微观粒子的多态行为，以及宏观世界，例如爱因斯坦引力时空具有重要意义。为此，作者在美国一份物理学期刊上连

续发表了两篇物理论文，以阐释数学物理方程的解与粒子物理行为的关系，进而引出一个哲学话题，即数学物理方程的解一定对应于粒子行为吗？实验表明，这个问题的答案是否定的！同时，经典数学的无矛盾性也决定了其不可能完整认识自然，无论是连续数学还是离散数学，因为自然无处不矛盾！不过矛盾源于人类认识局限性而非事物本真。把握事物本真促使人们化矛盾为相容，统一连续数学与离散数学，这就是数学组合。这种思想实际上早已体现在一些哲学著作中，例如，老子《道德经》中"无名天地之始，有名万物之母。故常无欲以观其妙，常有欲以观其徼"；佛经故事中的"盲人摸象"，以及一些物理学家为解释粒子行为而对其内部结构作的先验假设，例如粒子的夸克模型等，都表明数学组合对人类认识自然的重要意义，这也是美国新墨西哥大学 Smarandache 教授于 2016 初撰写"数学理会万物 组合探秘自然 – 记数学组合倡导者毛林繁博士"（中英文）一文并在国内外多家媒体刊载的原因。实际上，类似报告作者在一些国际学术会议上已经报告了三次，而在国内还是第一次，故与主办单位联系看能否用汉语报告，因为这样可以让更多国内听众知晓这一理念。但因会议是国际会议，只许可用英文"*Mathematics, the continuous or the discrete, which is better to reality of things*"报告。为此，作者在会后及时将报告全文翻译成中文并刊载于国际数学组合研究院网站以供国内听众及学者下载。

"理论物理引发的二十一世纪数学 -Smarandache 重空间理论"是作者 2006 年应邀回到四川省万源市中学面向青年教师和学生介绍现代数学与物理和在"全国第二届组合数学与图论学术交流会议"上报告的一篇科普性文章，其目的是介绍二十一世纪数学的产生背景、主要方法和一些结论。文章简化版"Smarandache 重空间及相关数学组合理论"曾收录于西安交大一位老师在美国出版的解析数论专著《Smarandache 问题研究》。文章详细介绍了宇宙大爆炸模型、Smarandache 重空间、Smarandache 几何、地图与地图几何、伪度量空间几何等内容，最后对理论物理几个问题进行了一些有益的讨论。

"我与重空间的故事"是作者在北京建筑大学组织"首届 Smarandache 重空间与重结构国际学术交流会"后为会议论文集《*Proceedings of the First International Conference on Smarandache Multispace & Multistructure*》（美国 The Education Publisher Inc. 出版，2013 年）写的后记。文章回顾了作者这十多年来学术思想的发展历程，数学、物理研究与哲学，特别是中国哲学的关系，回顾了作者提出的数学组合化猜想与 Smarandache 思想的哲学关系，提出了"人生何处不重叠"观点，例举了一些公众人物，以及作者本人的重空间普遍性，述及了会议筹备组织过程中的一些趣事等。

"深化体制改革，系统构建招标投标市场运行机制"是作者编制完成了行业发

展规划后，站在行业发展角度，结合招标投标市场实际写的一篇发展战略文章。文章在《求是理论网》等网站、期刊刊载后，受到业内的普遍关注，所完成的行业发展规划最终以《中国招标投标协会（2011-2015）工作规划》颁布。文章力图构建政府宏观调控、行业规范引导、企业自主决策、守法经营的有序的招标投标市场运行机制，讨论了行业科学发展目标、统一的行业制度、高效廉洁的监督机制、行业组织建设、从业机构和人员布局、行业理论研究、行业信息化建设以及文化建设等行业发展重大事项。

"从经济学出发，构建招标采购理论体系"是作者为北京建筑大学招标采购方向本科生完成高校试用教材《招标采购理论基础》后，从微观经济学角度，探讨招标采购经济理论构成的一篇文章，先后在中国招标投标协会、政府采购信息报等网站、《政府采购信息报》等报刊刊载。文章提出，作为一种市场经济下的竞争交易理论，招标采购理论首先应按市场经济的特点和规律，总结招标采购成功经验与作法；其次，将那些具有普遍意义的内容，结合消费选择理论、运筹学、决策理论、多元统计分析、可靠性分析等既有理论形成招标采购理论，再用这一理论指导招标采购实践，并持续改进，即采用从实践中来，到实践中去，"实践、实践、再实践"的招标采购理论建设方法。

"招标评价体系的数学模型及求解分析"是 2006 年，作者在美国 Xiquan Publishing House 出版《中国工程建设项目施工招标技巧与案例分析 –Smarandache 重空间招标模型》一书后，应作者的朋友、美国研究出版社的 M.Perze 博士建议而写的一篇中英文对照文章。文章试图阐述在中国现行制度下，其招标采购选择是基于 Smarandache 重空间基础上的多目标选择，并对一些选择方法从数学角度进行了归纳分析，以期构建招标采购数学选择理论。这篇文章刊发于中国科技论文在线后，得到了国内一些从事理论研究的关注，一些高校研究生在其毕业论文中也曾引述了文中观点。

"招标采购经济效用及择优分析"、"招标采购六大关系"、"招标采购项目风险分析与控制"等文章均是在《招标与投标》上"高端视角"栏目发表的文章，起因是 2013 年下半年，四川省建设工程造价总站筹办《招标与投标》期刊，聘请国内经济学泰斗成思危担任杂志编委会主任未果，后想聘请造价领域素有奠基人之称的尹贻林教授担任。不想与尹贻林联系，他推荐作者出任杂志编委会主任，因为他认为作者对招标投标及管理更熟悉。这时，《招标采购理论基础》刚脱稿交付印刷，创新招标采购经济理论的想法仍历历在目。故此，作者在该刊陆续刊发了一系列招标采购理论基础研究的文章，一方面是支持该期刊发展，另一方面，也是想搭建一个招标采购理论研究阵地。2015 年初，在新上任的协会常务副会长要求下，作者辞去了该

刊编委会主任一职，因为新来的常务副会长认为作者这个兼职影响了协会发展。

"公共产品与服务供给侧改革的市场机制 – 资本合作"为作者在中国招标投标协会工作的最后几个月从事 PPP 治理研究的一篇文章。文章细致分析了 PPP 机制与行政治理关系，指出在中国现行法律制度下，PPP 项目实施存在大量的市场风险，包括法律风险须引以重视；"城市动态模型、公共服务治理与第三方评估"和"谈 PPP 初衷、风险及文化"均为论坛演讲报告。前一篇宗旨在于指出在人与自然协调发展的前提下，城市运行的动力学模型是数学组合模型，即拓扑图上的作用流，对应的，人与自然协调发展的经济发展速度是作用流上的微商，不是 GDP 增长速度。该演讲让与会代表为之一振，特别是其中的城市动态模型；后一篇则是因论坛邀请的一位嘉宾未到场的即兴演讲，指出了英国 PPP 机制的初衷即国家治理、与中国文化的关系及现行法律制度下的市场采购风险。注意，这里的"治理"是行政学中与"统治"相反含义的一个术语，即"政府、社会、公民"三者共治而不是其字面上的"管理、整治、整顿"含义。

本书文章和演讲虽完成于不同时期，但它们真实记载了作者的感受，特别是作者对待数学、物理、经济的一些思想和观念，对青少年成长和青年学者科研创新不无借鉴。实际上，任何一个人的人生过程都是失败与成功的统一。这一过程中，永远不要为失败找理由，因为所有的失败都没有理由只有借口；也不要为成功喜悦，因为那不过是人生旅途中的一个小小的路标。今天的失败会意味着明天的成功，只要你沿着正确的轨迹前进；同样，今天的成功并不一定意味着明天还会成功，除非你更加勤奋地学习、工作。而这当中，人生观和价值观至关重要。对科技工作者来说，哲学观和世界观更是直接关系着其科研选题、科研成果创新，是其从事科研的基础。在此基础上，持之以恒、坚韧不拔，进而才能对人类做出贡献，因为"在科学上没有平坦的大道，只有不畏劳苦沿着陡峭山路攀登的人，才有希望达到光辉的顶点"，愿以此与青年学生、学者和朋友们共勉！

毛林繁

2017 年 5 月 31 日于北京

Work accomplished means little. It is in the past. What we all want is the glorious and living present.

那些已经完成的事并无多少意义，它属于过去，我们所需要的，是充满炫丽和生命活力的现在。

Sherwood Anderson, an American writer

目 录

序言 i

第 1 篇 学海作舟 1

1. 我的求学之路 2

2. 我的数学之路 5

3. 我的组合复兴之路 19

4. 我的经济之路 32

5. 傅氏级数、拉氏变换和 RMI 原则 63

6. 学习数学的点滴体会 69

第 2 篇 万物自然 73

1. 文化传承经典 数学理会万物 – 从 1 + 1 在什么情况下不等于 2 谈起 74

2. 组合学及其对现代数学物理影响 –“从老婆老妈同时掉河里先救谁”问题谈起 98

3. 数学组合与事物本真 123

4. 理论物理引发的二十一世纪数学 -Smarandache 重空间理论 148

5. 在印度“NCETMMS-2015”数学学术交流大会开、闭幕式上的讲话 170

6. 在印度“第四届国际离散数学学术交流大会”开幕式上的讲话 174

7. 在印度“ICAMTPBCS-2016”数学学术交流大会开幕式、闭幕式上的讲话 176

8.《科学元素》丛书序言 180

9. 我与重空间的故事 183

第 3 篇 采购经济 189

1. 深化体制改革，系统构建招标投标市场运行机制 190

2. 从经济学出发，构建招标采购理论体系 197

3. 招标采购经济效用及择优分析 207

4. 招标评价体系的数学模型及求解分析 219

5. 论招标采购六大关系 236

6. 招标采购项目风险分析与控制 249

7. 城市动态模型、公共服务治理与第三方评估 262

8. 公共产品与服务供给侧改革的市场机制 – 资本合作 271

9. 谈 PPP 初衷、风险及文化 281

第 4 篇 云端漫步 285

1. 中国数学会组合数学与图论专业委员会论坛 (BBS) 286

2. 新浪微博毛博士 – 数学与采购 289

3. 腾讯微信毛博士 – 数学与采购 296

第 5 篇 媒体记载 309

1. F.Smarandache: 数学理会万物 组合探秘自然 – 记数学组合倡导者毛林繁博士 310

2. 国外学术著作引用摘编 319

3. 杨燕昌：我与毛林繁 324

4. 韩冰：招标投标违法行为须牢记 327

5. 毛林繁博士回母校举行专题讲座 330

6. 迷恋数学的工程师 332

7. PPP 项目实务及招标投标、政府采购法规培训和咨询交流会在重庆召开 334

8. 用专业的理念引领中国城市治理与 PPP 发展 336

9. 毛林繁简介 339

附录 343

1. 友人书法作品赠语 343

2. 毛林繁 1985-2016 分年论著目录 344

第1篇 学海作舟



人活在希望中！有希望才会有动力，才会有追求和足迹，哪怕是一个希望破灭而新的希望产生，因为希望会使人充满活力，会使人生变得绚丽多彩！

我的求学之路 [1,2]

摘要: 本文简要回顾了我由一个建筑工人通过自学获得北京市高等教育自学考试本科文凭和学士学位，考入北方交通大学攻读博士学位，并进入中国科学院数学与系统科学研究院博士后流动站从事博士后研究历程。表明了成才的路不单纯是上大学一条路，对那些没有考上大学，或是没有考上一所好大学的同学来说，不无参考和借鉴作用。
关键词：建筑工人，自学，成才，博士。

Abstract: This paper historically recalls that I passed from a construction worker to a researcher in the post-doctoral stations of Chinese Academy of Mathematics and System Science, including how to receive the undergraduate diploma in applied mathematics of Peking University learn by myself, how to get to the Northern Jiaotong University for a doctorate in operations research and cybernetics studies with applications, and how to get the post-doctoral position, which shows that there are not only one way to growth and success for students study in university. Particularly, it is valuable for those students not getting to a university, or not getting to a favorite university.
Key Words: Construction worker, learn by oneself, growth and success, doctorate.

AMS(2000): 01A25,01A70

工作二十年, 我从一名普通的建筑工人, 以高中为起点, 一边工作，一边自学，于 1999 年 4 月进入高校获得博士学位，2003 年 6 月进入科研机构从事专业研究。虽然过程坎坷, 但在今天看来，更多的是付出与收获。

我是在一所地区重点中学重点班读的高中。那时梦想自已能成为一个数学家。整天看数学书, 作数学练习, 觉得生活很充实。偏爱数学造成了学习偏科, 最终未能跨入大学门槛而来到一家建筑公司工作。

---

[1]2003 年北京市高等教育自学考试征文。

[2]http://zikao.eol.cn

参加工作, 当了一名建筑工人, 一名架子工。整天在脚手架上爬来爬去, 活像一个跳高运动员。搭脚手架纯粹是一种体力劳动, 与自己在中学时代付出的努力不匹配。有了这样的想法, 在参加工作的第二年底, 我来到北京一所建筑学校学习。虽然已经工作, 但儿时的想法并未泯灭。于是一面学着建筑技术, 一面在北京工业大学一位副教授的指导下学习数学并开始从事组合数学的研究。

从建筑学校完成学业后, 我回到了原工作单位, 成了一名技术管理人员。编写施工技术文件, 处理施工中出现的技术问题成了我每日的主要工作。"既然做, 就把它做好", 这是我的原则。查技术资料, 用一些技术原理和模型解决技术难题并用于施工实践, 一度成了个人的努力方向, 数学研究也因此一度中断。这段时间先后发表过不少建筑技术论文, 也解决过不少施工难题, 并在从建筑学校回到原工作单位的第五年, 被破格提升为工程师。但随后几年就发现, 付出与收益不成比例。当时的想法很幼稚, 认为是文凭太低的原因造成的, 于是决定利用业余时间, 参加北京市高等教育自学考试, 完成本科学业。实际上, 这种现象正是国企的通病, 在国企领导人的眼里, 能干并不代表你优秀, 也不代表你能拿到好的职位与薪水。

通过四年半的努力, 在建筑业工作十四年时, 我拿到了北京大学和北京市高等教育自学考试委员会联合颁发的应用数学专业本科毕业文凭和学士学位。更加深了我对国有企业的认识。偶然一次机会, 我在北京大学见到博士生招考目录和条件, 发觉其考试科目自己在过去都学过, 有的还发表过论文, 于是产生了一种突发的奇想: 去高校直接攻读博士学位, 跳出国企这种怪圈。

在随后的三年里, 白天忙于施工管理, 早晚则忙于英语和专业课的复习。一次又一次的失败, 我没退缩。总结经验, 不是科班出身, 外语不过关。每天早晚的时间均拿来学习外语。三年后, 我终于跨入了北方交通大学攻读博士学位。

读博士学位对我来说是不紧张的。但因为无基本生活来源 (原来的工作单位不支持, 不给生活费), 这样我一面打工, 一面攻读学位, 完成论文。那时, 虽然学习不紧张, 但每天的生活是相当紧张的。早上五点左右起床, 看专业书和文献资料, 思考课题。白天不上课时, 就去打工, 以维持家庭生活开支。晚上将早上没思考完的问题想完或将得到的结果整理成论文, 打印排版, 拿出去发表。

整个博士论文无论是选题，还是其内容，均是按照自己独创的方式完成的。论文完成后，交给了国内十位教授评审，结论均为"优秀"。在进行博士论文的研究与写作过程中，深感必须紧跟国际主流研究方向做工作。这样, 在拿到博士学位后, 个人觉得必须进一步发展自己的特色和方向。于是又花了很大力气去研究相关方向的专著和文献, 并跨入中国科学院从事博士后研究工作。

我是北京市高等教育自学考试的毕业生。因为是自学成才，有较完整的学习方

法和分析问题、解决问题的能力。这些，直接为我攻读博士学位打下了基础。我觉得人的生活必须有目标，有追求。而在目标的实现过程中，不要过多思考别人怎样评价你和怎样看待你。已故著名诗人汪国真有一句诗写得好，“既然目标是地平线，留给世界的只能是背影”。因为这样想，并付之行动，我由一名普通建筑工人最终成为了一位数学工作者。过程虽然曲折，不乏辛勤与汗水，但更多的，则是人身价值的体现和收获的喜悦。

附录：热爱生命

热爱生命

文/汪国真

我不去想是否能够成功
既然选择了远方
便只顾风雨兼程
我不去想能否赢得爱情
既然钟情于玫瑰
就勇敢地吐露真诚
我不去想身后会不会袭来寒风冷雨
既然目标是地平线
留给世界的只能是背影
我不去想未来是平坦还是泥泞
只要热爱生命
一切，都在意料之中

我的数学之路 [1,2]

摘要: 依据时间的先后，本文回顾了我由一个建筑工人成长为一个数学家的全过程，包括中学时期、在一家建筑公司工作、在北方交通大学攻读博士学位，在中国科学院从事博士后研究以及在国信招标有限责任公司工作等，文中细致回顾了从 1985 年 -2006 年我从事科学研究的艰辛历程，也回顾了一些研究成果的得到过程，包括数学组合化猜想的提出过程及与 Smarandache 重空间思想的对比等。

关键词：中学生, 工人, 工程师, 数学家, Smarandache 几何, Smarandache 重空间, 数学组合化猜想。

Abstract: This paper historically recalls each step that I passed from a scaffold erector to a mathematician, including the period in a middle school, in a construction company, in Northern Jiaotong University, also in Chinese Academy of Sciences and in Guoxin Tendering Co.LTD. Achievements of mine on mathematics and engineering management gotten in the period from 1985 to 2006 can be also found. There are many rough and bumpy, also delightful matters on this road. The process for raising the combinatorial conjecture for mathematics and its comparing with Smarandache multi-spaces are also called to mind.

Key Words: Student, construction worker, engineer, mathematician, Smarandache geometry, Smarandache multi-space, combinatorial conjecture on mathematics.

AMS(2000): 01A25,01A70

引子

二 OO 五年五月三十一日上午 10：00 整，中国科学院数学与系统科学研究院报告厅内，我的 “*On Automorphism Groups of Maps, surfaces and Smarandache*

[1]2006 年 3 月 26 日为四川省万源市中学全校师生报告,

[2]www.K12.com.cn 和 www.wyszx.cn

Geometries”（论地图、曲面及 Smarandache 几何的自同构群）的博士后报告如期举行。与此同时，美国 SNJ 杂志的主编 Perez 博士也在关注这次报告，此前，报告的内容已经过他修改过。听报告的，除国内组合数学界五位极有威望的教授外，还有一些研究生。当我报告到*Map Geometry*一段时，中国科学院研究生院党委书记，数学家颜基义教授举起了手中一张图，问我：“Iseri 的 Smarandache 几何模型在现实空间是可以实现的，网上这张图你看到过吗？” 我说：“看到过，不仅看到过，而且研究过 Iseri 关于 Smarandache 流形的那本专著，这里定义的*Map Geometry*是他的空间模型的推广，由此可以依据组合论方法，特别是组合地图方法对经典数学及传统物理时空观进行重建与推广”。我的这种观点，立刻得到了国内组合地图学家、我的博士导师刘彦佩教授的首肯。

以上是我作博士后报告过程中的一个插曲。经过了二十余年的努力，我从一位建筑工人最终成为了数学工作者，这一过程中得到了许多国内外数学家的关心与支持，包括中学时期一些数学老师和家人对我在步入数学研究方面的影响。

(一) 中学时期

我是在原 103 工程指挥部设在四川省万源市（县）子弟小学完成的小学学业，于 1976 年毕业。当时由小学升初中采用的是分配制，父亲时任 103 工程指挥部设在万源县的预制加工厂厂长。记得小学毕业时厂里一共联系了三个学校，万源中学、万源镇中学和红旗公社学校，父亲率先作出表率，主动将自己的孩子分到了红旗公社学校念初中。这样，1976 年 9 月 -1978 年 7 月，我来到红旗公社学校读初中 (两年制)。记忆中这所学校设施是相当差的，先后换过几次教室，需要既要学习，又要配合学校进行学校设施建设，其中有一段时间部分学生还承担了学校操场的修建工作，放炮、挖、运土方、平整场地等等。

记得当时教授数学、物理的是王芳喜老师。这一时期正赶上陈景润对 Goldbach 猜想做出 “1+2” 的贡献，国内舆论界对其进行大力宣传时期，特别是徐迟的报告文学 “哥德巴赫猜想”，使我对数学产生了极大兴趣。在进入初中学习后经常超前学习或预习，课余时间经常向数学老师请教一些数学问题。

家里当时正好有几本五十年代出版的初等代数、初等几何书，上面的习题比当时我们学习的教科书上的习题要难，题型也多。我在课余及假期大多时间都用来解答上面的习题。我在小学时很喜欢钓鱼，但进入中学后，基本上没有时间再去钓鱼，而将大部分时间用来学习，比如在初中第一学期将初一的数学课学完，第二学期则将整个初中数学课学完等。从初中第二年开始学习高中课程，这也是我在后来进入万源中学高中第一学期能够参加达县地区高中数学竞赛并拿到名次的原因。

1977 年参加全县初中联考，我数学得了满分 120 分。当时有一个有趣的插曲，就是负责判卷的老师认为数学试卷的标准答案有误，而我的解答是正确的，一致同意给我满分。

我觉得初中数学学习除理解概念外，一定要多做习题，并通过习题进一步理解概念的内涵与外延，这也是整个数学的学习规律。但不一定要去做偏题与怪题，后者绝大多数是一些数学家在数学研究中的偶得，虽然采用初等数学的方法可以解决，但对中学生来说其技巧与方法的深刻内涵是难于理解的。

记得当时的初中同学有李在强、李文训、蔡小红等, 他们均是学校附近农村的子女，再就是当时 103 工程指挥部预制加工厂的 5 位子弟，他们后来均在中国建筑第二工程局系统内从事工程建设。

初中毕业后参加全县升学考试，我获得了比较好的成绩。正好万源县将全县升学考试中的前 100 名考生汇总到万源中学学习，前 50 名集中在 1 班，51-100 名在 2 班，从而使得我有机会到万源县中学高 80 级 1 班学习。记得高中时期的同学赵达万、管晓红、吴书平、杨柳、张晓华、雷波等。这一时期因数学成绩突出，很得数学老师胡中生的欣赏，他不时给我讲一点课外题、特殊的解题方法等。并推荐我参加了 1979 年三月达县地区高中数学竞赛，获得了地区第 18 名的成绩。

中学时期我喜欢读一些数学课外读物，如许纯舫的《*初等几何四种*》、梁绍鸿的《*初等数学复习及研究*》、华罗庚的《*从杨辉三角谈起*》、严镇军的《*从正五边形谈起*》、高校通用教材《*高等数学*》（第一册）等。

1980 年 4 月我父母全家由万源县搬到河北唐山, 参加唐山震后恢复建设，我只能到学校住校，进行高考前的准备。参加 1980 年全国高考，虽然不理想，仍超过了本科录取线，但没能为高等学校录取。1980 年 7 月底我由四川省万源县独自乘火车去唐山。在西安候车室的书店内买到陈景润写的《*初等数论*》(II)，到唐山后又购得华罗庚的专著《*数论导引*》。于是开始学习其中的部分章节, 同时继续学习高等数学，并开始解答吉米多维奇《*数学分析习题集*》中一些习题。

中学时期的数学教育除教给学生基本知识外，更多地，应加强学生的数学素质教育，而这对任教的数学老师则提出了较高要求，即要讲清概念、定理的内涵与外延，又要知道其提出目的、思路以及对更高一层数学的作用，这是比较难的。实际上，造成许多学生不喜欢数学的一个直接原因是教师在讲课时照本宣科，不能做到“*深入浅出*”，学生为应付考试“*囫囵吞枣*”式地学习，最后完成考试 60 分结束。对于学生来说，则需要多问几个为什么：*为什么提出这个概念？为什么这样提出？有没有其它更好的提法？这个定理起什么作用？有没有更好的结果等等*。同时，中学时期实际上也是学生进行人生立志的时期，这是教与学两个方面都应引起重视的问

题。我个人实际上是在中学时期立志成为专业数学工作者的，这也成为了我为之奋斗的航标。

(二) 建筑工人时期

1980 年 12 月底我参加了工作，到中国建筑二局一公司当了一名架子工，参加当时全国最大的火力发电厂陡河电厂建设。因为上班很累，为赶工期又经常加班，晚上学习数学经常很晚，周六晚上则背着书回到唐山丰润区父母家继续学习。有一次在脚手架上差点睡着了，一位工人老师傅赶紧把我叫醒，因为那样实在太危险了。这以后，搭高一点的脚手架时，工人师傅一般不让我在上面搭架子，仅让我在地面递送脚手架材料给他们。

当时因读辽宁大学吴振奎老师（现为天津商业大学教授）编著的《*初等数学证明技巧*》、《*初等数学计算技巧*》一书并对其中部分内容提出自己见解，得到他的赞许。他也成了我在工人时期能够坚持学习数学的精神支柱。后面那本书出版半年后，辽宁人民出版社让他找人写一份书评，应他的要求, 我按照自己的理解对该书的特点、方法等对这本书进行了综合评述。

这时虽然每天的工作很辛苦，但仍能在业余坚持学习，温习中学时期的代数、几何等内容，并继续学习大学里的一些数学课本。当时我大哥正在重庆大学学习，他送给了我一套前苏联菲赫金哥尔茨的《*数学分析教程*》；单位上有些同事到北京出差，也托他们给我买回了不少数学专业的教科书，如克莱鲍尔的《*数学分析*》、江泽坚的《*实变函数论*》和钟玉泉的《*复变函数引论*》等，为我学习一些数学基础课提供了方便。

工作了一年以后，个人也在反思是否就这样工作一生，因为在企业更多的是靠人脉关系，而数学学习则是我的个人兴趣，并不会得到企业的重视，于是决定再参加一次高考。考试成绩超过了本科录取线 10 多分，但仍没能为高校录取。告诉吴振奎老师后，他来信鼓励，说我肯定会被一所高校录取。虽然仍未能进入高校学习，个人却坚定了走出低谷，到北京求学的信心。

(三) 委培生时期

由于“*文革 10 年浩劫*”的影响，造成企业技术人员奇缺，中国建筑二局下属公司纷纷与高校、中等专业学校联系委托培养技术人员，我选择了一所北京建筑学校，于 1983 年 6 月参加了中国建筑二局一公司委托培养人员资格考试，获得了第 1 名的考试成绩。其目的仍是利用北京这一中国文化中心的优势，完成数学的学习。

由于考取了单位的委培生，1983 年 9 月至 1987 年 7 月我在北京城建学校工业

与民用建筑专业建 83-1 班学习。这段时期是我进入数学研究的初级阶段。因在学校数学成绩突出，1985 年应邀在《中专数学研究》上发表

(1) 傅氏级数、拉氏变换及 RMI 原则，中专数学研究，29-32,1 (1985)

(2) 学习数学的点滴体会，中专数学研究，22-23,2 (1985)

两篇文章。

从 1983 年 10 月起，经过吴振奎老师介绍，我在北京工业大学杨燕昌老师指导下系统学习大学数学专业的课程。这个时期先后学习了《数学分析》、《高等代数》、《近世代数》、《组合数学》、《图论》等课程，特别是图论，由他引导，我们一起学习由青海师范大学施容华老师（现南京理工大学教授）翻译的《极值图论》（匈牙利数学家 Bollobas 著），一起学完了前两章, 对我后来从事图论研究, 在技巧与方法上起到了奠基作用。在学习近世代数开始时杨燕昌老师为我先讲解了群论。他在桌子上摆放了三个不同的水杯，然后交换其中两个杯子位置，问："这个过程在数学上怎样描述呢？"，于是他在黑板上写下（123）与（132）两个置换并说："这就产生了群的概念。" 由此使我突然理解了数学的本质，即来源于世界并服务于世界，也明白了在数学方法上这种由具体到抽象的过程，对我后来在数学研究中善于提出问题并寻找方法解决问题起到了直接作用。

研究图类的结构性质，进而得到图的刻画是结构图论中的一个重要问题。有一天，杨燕昌老师拿来一篇发表在《新疆大学学报》上的论文 "关于自中心图中的几个定理" 让我认真读一下，并对我说 "书读到一定程度就差不多了，应该接触一些论文，从事一线数学的研究了"。

在杨燕昌老师的指导下，经过反复画图试证，我觉得可以将其中 $R(G)=2$ 推广到 $R(G)=r$ 的情形，即将 $c^2(G)=4,\ 5$ 推广到一般情形 $c^r(G)=2r,\ 2r+1$。但经过反复试证，均没有得到预期结果。这样一直延续了四个多月。直到有一天，我突然意识到猜测 $c^r(G)=2r,\ 2r+1$ 对一般自中心图可能并不正确，就试着在半径为 3 的图类中寻找反例，结果不几天就画出了一个 $R(G)=3$，而且其中存在点 x 使得 $c^3(x)=8$ 的自中心图，从而否定了原来的猜想。在这一阶段还证明了 $c^3(G)=6,\ 7$ 的结论，随后以我和杨燕昌老师的名义，陆续写出了三篇论文投到一些学报，但均被退了回来。这当中有一篇论文的审稿人是施容华老师，他也知道了国内有我这样一个搞图论研究的青年，并来信勉励。他告诉我匈牙利著名数学家 Erdos 有个无三角形猜想，希望我能研究一下。经过几个月的研究，我得到了一个一般性结果，虽然没能彻底解决这个猜想，但考虑的问题已经比原猜想要广了。正好 1987 年 "全国第五届图论学术交流会" 在甘肃兰州召开，我想去参加这次会议，就把论文寄给了

施容华老师。他推荐我参加了这次会议，并在会上对该结果进行了报告。

1987 年 11 月，由中国科学院计算中心屠规彰研究员介绍，我认识了国内著名拓扑图论家、后来成为我的博士导师的中国科学院应用数学所的刘彦佩教授。他建议我将这篇论文拿出去发表。正好这时《东北数学》有一篇关于组合恒等式的文章让屠规彰研究员审阅，他将论文转给了我进行审查。我审完后签上大名，编辑同志也因而知道了我这样一个人。这篇论文在《东北数学》上于 1990 年正式发表。

当时北京城建学校的老师都知道我喜欢数学，特别是中专前两年的课实际上在重复高中课，老师一般也不管我，使得我有充分的时间去北京图书馆查阅一些文献资料，去北京工业大学与杨燕昌老师一起讨论数学问题、参加国内学者举办的一些数学讨论班学习，比如 1986-1987 年，就先后参加了屠规彰研究员（现在美国）主持的“Kac-Moody 代数讨论班”、北京工业大学唐云教授（现清华大学教授）主持的“分叉理论及其应用讨论班”等。这些对于我今天能够站在一个比较广泛的角度看待组合问题起到了不小作用。

(四) 建筑技术管理

1987 年 8 月，我回到了中国建筑二局一公司，分在了该公司第三工程处生产技术股任技术员。日常业务主要是编写施工组织设计、施工方案和解决工程施工过程中出现的技术难题。

我在 1989 年 -1991 年 8 月参加北京财贸学院一期工程建设管理；1991 年 10 月 -1993 年 12 月升为技术队长，参加北京光彩体育馆等工程建设；1994 年 1 月 -12 月任中国建筑二局一公司三分公司生产技术科科长，1994 年 3 月被破格晋升为工程师；1995 年 1 月 -1998 年 9 月任北京电力生产调度指挥中心项目总工程师，该工程竣工后被评为国家“鲁班奖”工程；1998 年 10 月 -12 月任中华民族园项目总工程师。

这一个时期数学研究曾一度中断过。曾一度以攻克施工技术难题为己任，比如对国内倒锥壳水塔水柜顶升施工技术的研究、对大型蓄水池结构抗渗技术的研究等。先后在工程施工管理中解决过不少重大的技术难题，并开始在国内施工领域发表建筑技术论文。先后在施工技术、施工质量和安全管理方面发表了十多篇论文，并应邀参加了《建筑工程施工组织设计实例应用手册》和《建筑工程施工实例手册》第 2、7 册的编写。虽然如此，学习数学、拿到数学类本科文凭的想法并未放弃。

1990 年底意外得知北京市有应用数学专业本科的自学考试，重新燃起了我获得数学专业本科文凭的想法。于是，我从 1991 年 4 月开始参加北京市高等教育自学考试，仅 1991 年一年就一次性考过了哲学、语文、英语、数学分析、解析几何、

概率论与数理统计、复变函数论、常微分方程等 13 门课程，其中第一学期考得特别好。记得报考的五门课中由两门课考了 99 分，一门课考了 98 分，就连北京大学的一些出题老师都感到惊奇，认为考出这样的成绩对自学的人来说太神奇了。这样，到 1993 年上半年考试结束，我就顺利拿到了应用数学专业专科文凭，而此时距完成所有课程仅剩下三门课。

这一时期也在参加国内的一些学术会议。1988 年在天津南开大学参加“首届中国组合最优化国际讨论会”；1989 年在山东青岛参加“全国第六届图论学术交流会”等。



图 1.2.1 1989 年参加“全国第六届图论学术交流会”（青岛）
与常安教授（现福州大学）合影

1993 年中期，杨燕昌老师来信，让我与他一起于 1994 年 8 月去太原参加“全国第八届图论学术交流会”，这样我又将搁置了近四年的数学研究重新拾起来。我这时的兴趣已经转到了 hamiltonian 图的研究上。经过对 1991 年发表在国际图论杂志上 Gould 教授一篇综述文章及相关论文的研读，我陆续完成了一批关于 hamiltonian 图的论文，分别在《太原机械学院学报》、《数学研究与评论》等杂志上发表。

参加 1994 年“全国第八届图论学术交流会”的同时，我认识了杨燕昌老师的大学同学，北京大学的徐明耀教授, 他是国内代数图论的带头人。他的一个观点至今仍然影响着我，就是“必须多读书，多读专著，这样才能搞出大成果”. 我于 1995 年上半年完成了北京市高等教育自学考试委员会规定的所有课程考试，于 6 月底完成了毕业答辩，拿到了北京大学颁发的应用数学专业本科文凭和理学学士学位，而其中毕业答辩组组长就是北京大学的徐明耀教授。



图 1.2.2 1994 年参加“全国第八届图论学术交流会”在阎锡山故居留影

这个时期先后在《东北数学》、《数学研究与评论》、《纯粹数学与应用数学》等学术期刊上发表了 5 篇数学论文。

1994-1998 年我在北京电力生产调度指挥中心工程担任总承包总工程师。博士阶段发表的关于 hamiltonian 图的一些论文实际上是在这一时期完成的。“是一边听着震捣棒的响声，一边写作完成的”。当时曾有不少关联单位找到我，希望我去他们那里工作，考虑到家庭原因均没去。一次偶然的机会，1995 年底在北京大学见到博士生招考目录，发现代数组合论方向的考试科目我均学过，有的还发表过论文。于是个人产生一种奇想：直接以同等学历的身份去攻读博士学位。

这样从 1996 年起，我的学习以通过博士生入学考试为目标。1996 年，中国建筑二局《建筑报》的特约记者采访我本人，并写下了“迷恋数学的工程师”一文进行报道 (见附件)。最终于 1998 年考取了北方交通大学理学院刘彦佩教授的博士生。

(五) 攻读博士学位

1999 年 4 月，我进入了北方交通大学学习，开始了我的博士生生涯。除第一年公共课多，需要参加大课学习外，整个博士学习并不感觉紧张。这时我的工作关系还在中国建筑二局一公司，但他们不支持我的学习，要求我签下了学习期间无任何生活津贴的协议书才同意我去攻读博士学位。这样除学习外，我还需要去打工挣钱以满足家庭开支。1999 年 1 月 -2000 年 6 月，我担任中国法学会基建办公室总工程师；2000 年 7 月 -2002 年担任国信招标有限责任公司项目经理。生活平添不少乐趣，也建立了个人能够同时开展两种思维方式，从事两种工作的生活习惯。

顺利进行博士论文答辩有两个条件，一个是完成培养方案规定的课程学习并获得较好成绩，还有一个条件就是要在学术期刊上发表一定数量的论文。好在我攻读博士学位之前还有许多研究工作没有发表，于是将在中国建筑二局一公司工作最后

几年完成的一些图论研究工作，纷纷整理出来寄到国内一些学术期刊上发表，先满足数量要求。同时，也在北方交通大学刘彦佩教授指导下，开始了拓扑图论及组合地图的学习与研究。因来交大之前我受北京大学徐明耀教授工作的影响比较偏重代数，在进入博士阶段学习的第二年就采用群论方法做出了一个关于组合地图计数的好结果，得到了导师的赞许。这个结果后来在《*数学物理学报*》上发表。在完成这篇文章的同时，发现可以对平面树的自同构群产生一个有趣的附带结果，这就是后来发表在《*数学进展*》上的那篇文章。

如何采用数学工具去解决实际工作问题，是从事应用数学的人首要须进行训练的。2001 年，我们几个同学同时选择了交通学院高自友老师的“*运筹学在交通运输规划中的应用*”的课程，经常是晚上去上课，又赶在冬季下雪，每次都有缺课的同学，但好处是不用考试，直接写一篇课程论文。听完课后，我采用图论的方法，结合他的课程写了一篇关于公共交通可靠性的论文交了上去，当时也没觉得怎样，就是完成一门课程而已。到期末时，我的几个同学惊奇的告诉我得了 90 分，说一般同学得到 80 分就很不错了，他仅给他自己两个专门学交通规划的博士生 90 分成绩，而我则是学数学的。在几位同学的鼓励下，我觉得这篇论文可以拿到国内一级交通学报上发表，这样就寄给了《*中国公路学报*》，结果在第二年就发表出来了。要知道，就是专门学交通的学生在上面发表文章也是比较困难的。我个人并不看好这篇文章，因为它算不上一篇数学文章。但最近检索发现这是我发表的文章中引用率最高的一篇文章，许多学者后来沿着类似的思路又完成了不少进一步的研究工作。学术研究就是这样，引用率高不一定代表它的学术价值高，更多的，是表明看过的、看懂的人多，再就是可以继续完成一些学术论文在期刊上发表。而我则在刘彦佩教授的劝导下，再也没有涉足这个实际问题。

由于在读博士前已经有了十多年的知识积累和研究训练，整个博士论文“*A census of maps on surfaces with given underlying graphs*”(*论曲面上给定基础图的地图*)是按照我自己的思维方式写出来的，主要采用群作用理论对曲面上组合地图进行分类、计数研究，这在国际上也是处在前沿的。论文完成后交给国内 10 位教授评审，结论均为优秀。

这当中有一个有趣的插曲，担任博士论文答辩委员会主席的是国内著名数学家、中国科学院的越民义教授。在答辩前 20 天，他告诉刘彦佩教授说审核不了我的论文、看不懂，让刘彦佩老师重新找人审查，这样原定的答辩就无法如期进行了。我找到了越民义教授，将我在博士论文中采用的方法、技巧与创新、得到的主要结论及国际上在这方面的进展等等向他进行了详细的介绍。老先生听后，沉思了一会，认为我的思路和方法较之刘彦佩教授以前指导的几个学生有很好的创新，结论有一

定理论价值，于是欣然写下了对论文的评语，并就组合优化领域对我提出一些研究建议。



图 1.2.3 博士论文答辩留影

左起李赵祥、毛林繁、何卫力、郝荣霞、魏二玲

(六) 博士后研究

我自己觉得博士论文中还有许多问题及想法需要进一步实现，也需要一定的环境及时间去实现，这样在博士毕业后开始联系单位做博士后。



图 1.2.4 2002 年参加“世界数学家大会组合卫星会议”（石家庄）

左起王广选、魏二玲、任韩、何卫力、万良霞、毛林繁

2002 年 11 月，在北京大学徐明耀教授主持的讨论班上，我作了“*A dynamic talk on maps and graphs on surfaces–my group action idea*”（关于地图与图在曲面上的嵌入的一个报告 - 我的群作用观点）的综合性研究报告，以期得到国内同行的广泛共识。

2002 年底，中国科学院数学与系统科学研究院接受了我的博士后申请，并确定于第二年初开始博士后研究工作。由于北京 2003 年初 "非典" 影响，我直到 2003 年 6 月才进入中国科学院数学与系统科学研究院开始研究工作。合作导师田丰研究员，是国内图论研究工作的奠基人之一。他个人主要从事结构图论的研究，我在读博士前的许多关于 hamiltonian 图的研究工作均受他的影响。

第一次见面，田丰老师就对我说："你们刘老师作的那些研究工作，我不懂，你自己干吧"。这使得我有充足的时间将博士阶段没有研究完的工作研究完，同时依据个人想法开展新的研究领域。这也使得我可以跳开导师的思路，从而做出一些新的研究工作。事实证明这条路是对的。应他的要求，我在中国科学院数学与系统科学研究院作了首次报告："*Active problems in maps and graphs on surfaces*" (地图与图在曲面上的嵌入中一些活跃的问题)。



图 1.2.5 2004 年 8 月参加 "全国第一届图论与组合数学学术交流会议" (新疆乌鲁木齐) 与李晓东合影 (参加全国第五届图论学术交流会时我们住在一间屋内，当时我还是一个工人)，这次见面他说我变化最大，已在科学院从事研究工作了。

博士毕业以后，我一直在思考这样两个问题，就是刘彦佩老师在国内主持了几十年的拓扑图论有什么用？它对数学有哪些贡献？这两个问题也是国内许多同行经常问我的问题，因为刘彦佩老师的许多科研工作用代数拓扑的方法处理图论问题，许多人看不懂。于是，把刘彦佩老师的方法用到其它数学领域，让更多的人了解这种方法，从而推广到其他领域做出一些大的科研成果就成了我在博士后阶段工作的

重点，这也是我自己面临的一次新的挑战。

为此，我在中科院期间着重学习组合、图论领域以外的一些专著，如大范围微分几何、黎曼曲面、黎曼几何、代数曲线、克莱因曲面等等，并开展了相关研究。这时主要想法，是采用组合方法研究经典数学问题，以期能够产生大的影响。第一篇论文“Riemann 曲面上 Hurwitz 定理的组合推广”就是这一思想的具体体现。这篇论文完成后，正好召开“第二届中国科学院博士后前沿与交叉学科学术论坛”，就交给了组委会出版。

按照给自己博士后确定的研究方向，我在 2005 年 4 月完成的博士后报告“*On Automorphisms of Maps & Surfaces*”已经不是纯组合或图论方向的论文了，它实际上已经参杂了我的许多新论点，而这些论点恰恰支持着我的一种观点，就是在组合数学家看来，任何一门数学学科均可以进行组合化或进行组合重建，并进行拓广。这种观点在我的博士后报告中仅开了个头，有大量的工作需要去做。博士后报告的最后一章就是在我的知识范围内，例举微分几何、黎曼几何中许多采用组合方法需要去进一步研究的数学问题。

2005 年 6 月我参加了“2005 图论与组合数学暨第三届海峡两岸国际学术交流会”，并作了“*An introduction on Smarandache geometries on maps*”的报告。这篇报告与我在中国科学院作的博士后报告“*On Automorphism Groups of Maps, Surfaces and Smarandache Geometries*”后来成为了国际互联网百科全书上解释 Smarandache 几何六篇引用文献中的两篇参考文献。

博士后报告完成后，我觉得应该拿出去出版，把我对组合数学的这种观点向世人公布。正好在 2005 年初，美国有一家出版社向我约书稿, 我就把博士后报告发给了他们。他们很欣赏我的观点，建议我在报告中增加有关 Smarandache 几何的内容。经过增加及修改，该书于 2005 年 6 月在美国 American Research Press 出版社正式出版。

(七) 数学组合

博士后研究结束后，由于我已经 42 岁了，北京没有一所大学或科研机构愿意接纳我从事研究或教学。于是应我的要求，国家人事部将我直接分配回了此前我工作的国信招标有限责任公司，并征得中国科学院数学与系统科学研究院的同意，我仍然作为他们那里的研究人员从事研究工作。之所以选择这条路，一是我不想将我在工程建设领域多年积累的经验与知识放弃（每年我在全国各地应国家部委或省市主管部门均有一些关于工程管理的讲座，听众大多为政府官员）；二是目前国内的科研体制问题，特别是科技产业化思想的影响，使得基础科学研究急功近利，不去

做也不可能做出一些大成果。国内目前的科研体制直接造成了科研工作者以追求论文数量、论文的检索级别，不愿意做也不可能去进行一些开创性的大的研究工作。按照科学研究的规律，开创性的研究一般需要 5-10 年的时间才能发表出论文，在国内，这样的科研人员早就被炒鱿鱼了。在这种急功近利思想影响下，在企业与在科研机构从事数学研究实际上是一样的。我个人的解释是"用在企业挣的钱去发展我的数学研究，走一条数学研究的新路"，这种观点，得到了中国科学院数学与系统科学研究院的支持。

需要特别指出的是，美国几位朋友让我在博士后报告中增加的内容，是国际数学研究上一个新的突破点，由此可以使得数学知识创新犹如宇宙大爆炸时代一样飞速发展。而我在博士后阶段的一些观点正好与他们的想法不谋而和。目前这方面已经有的工作并不多，我已经走到了前沿。我那本书送给了国内许多同行，均获得好评。美国 Perez 博士评价说"*Your book is very good. High research you have done.*"；华东师范大学一位教授评价说书"范围很广，很大度"。

但更多的是需要让国内外同行了解我的思想和这个欣欣的方向。于是在 2005 年，我在北京的几所大学、中国科学院数学与系统科学研究院以及国内的一些学术会议上，对我的这种数学组合化观点及一些研究工作进行了报告，获得了一致好评。Scientia Magna 杂志一次就将我在 2005 年做得两次报告、两篇论文进行全文收录发表。

结合我的组合观点及 Smarandache 几何思想，我发现可以对传统数学进行大范围的推广与组合，从而引发了许多新的数学问题，形成数学组合体系。这样在与美国朋友通信后，应邀开始新的研究工作及写作，标题是"*Smarandache Multi-spaces Theory*"（Smarandache 重叠空间理论），对传统代数、几何理论及物理时空观，采用我的组合观进行新的研究与重建。

我个人的宇宙观是大千世界有许多个宇宙，有的相互分离，有的则相互交叉。由于地球人类的人体构造原因，地球人类要想认识清整个宇宙是一件很困难的事，因为地球人类看不到的太多太多了。我们这个宇宙的维数是 3，与其它宇宙空间有部分交叉，交叉的其它空间维数可能是 3，也可能大于 3。这样，在这些宇宙中的部分物质占据我们这个宇宙的质量，但我们看不到它们，因为它们处在我们看得到的 3 个维以外的方向上，这就是暗物质。关于暗物质，我的观点是地球上的人类不可能找得到，因为它们不处在我们观测得到的方向维上。处在高维空间中的智能生物应该比地球上人的智商要高，因为它们处的空间维数比地球人的高。在这点上，我不同意目前流行的那种认为地球人类可以通过地球实验方法找到暗物质的观点。

从理论上讲，Smarandache 几何包含 Riemannian 几何，从而包含爱因斯坦广

义相对论，但如何实现则一直没有途径。而我发现采用我的组合论观点，则可以对其、包括量子力学许多内容进行重建与推广。这本书已于 2006 年 3 月在美国出版。美国朋友在网站上公布了这本书，可以免费全文下载。

2006 年 8 月, 我参加了第二届全国组合数学与图论大会, 在这次会上, 我对我的数学组合化猜想及得到的代数、几何以及组合方面的一些结果进行了报告, 得到了与会者的一致好评，给与会者一个重要的启示, 那就是在中国需要走一条数学组合化的发展道路。而这也许正是使中国成为数学强国的一条必经之路。

(八) 家庭成员

任何一个成功的科研工作者都离不开家人的支持与关心，我也不例外。我于 1990 年在北京结婚，妻子与我同在一个建筑公司，女儿 1993 年初出生。在二十多年从事数学学习与研究的过程中，得到了来自各个方面的关心和影响。父亲仅上过两年小学。因家庭贫困很小就开始学徒，23 岁就考起了六级木工，上世纪六十年代由单位推荐进入重庆建筑工程学院函授班学习，三年后因“十年浩劫”学习被迫中断，直到 1979 年学校才向他们这届函授生补发了专科文凭。父亲这种在我记事起刻苦自学的行为对我产生了深深的影响，而家庭成员对我这种执着的理解和宽待，更是对我走上数学研究道路起到了不可磨灭的作用。

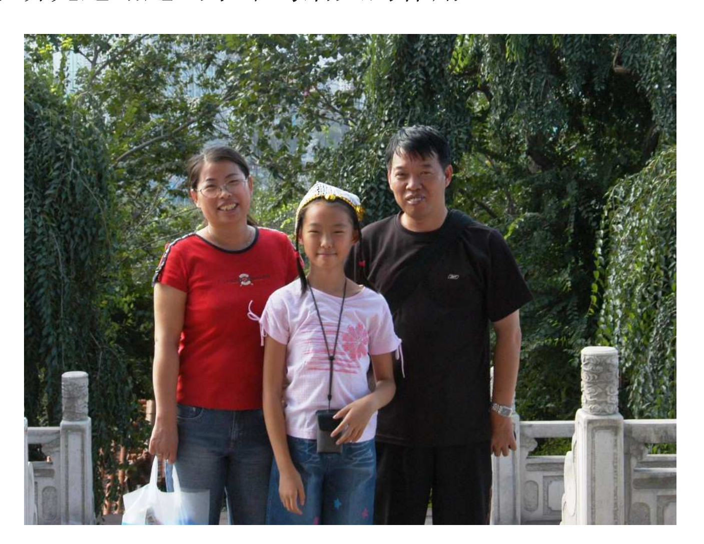


图 1.2.6 2004 年 8 月与妻子和女儿在新疆乌鲁木齐留影

以上是我从一位普通建筑工人经过多年的艰辛努力最终走上数学研究的不平凡之路。过程虽然曲折与坎坷，但更多地则是人生价值的体现。在这一个过程中，许多老师，包括中学阶段的老师和朋友，对我走上这条人生道路起到了不可磨灭的促进作用。我想，这应该也是整个教育的规律。

我的组合复兴之路 [1,2]

摘要: 科研的首要工作是选题，什么课题值得做，什么课题不能去做常常困扰着研究人员。本文细致回顾了我由一个图论学者，从结构图论研究到拓扑图论，再到拓扑流形研究，进而由拓扑学研究到微分几何和理论物理的研究过程，说明在科研工作中如何提出课题，如何建立一套学科体系。这当中，不断否定自我、不断结合国际研究前沿工作提出自己的，有独到见解的研究课题，并及时与国外学者交流是关键，这实际上也是科研工作者最难把握的地方。为此，本文对此多少会有点启迪作用。

关键词: 数学组合化猜想、组合学、拓扑学、拓扑图论、Smarandache 思想、组合微分几何、理论物理、科研体制。

Abstract: How to select a research subject or a scientific work is the central objective in researching. Questions such as those of *what is valuable and what is unvalued* often bewilder researchers. By recalling my researching process from graphical structure to topological graphs, then to topological manifolds, and then to differential geometry with theoretical physics by Smarandache's notion and combinatorial speculation of mine, this paper explains how to present an objective and how to establish a system in one's scientific research. In this process, continuously overlooking these obtained achievements, raising new scientific objectives keeping in step with the frontier in international research world and exchanging ideas with researchers are the key in research of myself, which maybe inspires younger researchers and students.

Key Words: CC conjecture, combinatorics, topology, topological graphs, Smarandache's notion, combinatorial theory on multi-spaces, combinatorial differential geometry, theoretical physics, scientific structure.

AMS(2000): 01A25,01A70

---

[1]2010 年应《中国科技论文在线》优秀学者访谈所作。

[2]www.paper.edu.cn

引子

科学研究的首要工作是选题。选题可以分成两个层次：一是学生时代的选题，以完成导师要求的目标，拿到学位为准；二是独立进行科学研究时的选题，应以紧跟国际前沿，完成开创性工作，以学科建设乃至提高人类认识自然能力为标准。这当中，决定研究什么并不重要，重要的，在于能够独立判断什么问题不值得研究。而且研究不能仅停留在自己熟悉的问题、学科或领域，而应多从其他相关领域吸取养分，紧跟国际研究趋势，进而形成自己独特的研究方式完成对科学和人类社会均有所促进的开创性工作。这是科学研究的正确观念。这里，我想就个人从事研究工作所走过的，即由组合学中的图论研究到拓扑图论和拓扑学研究，再由拓扑学研究到微分几何和理论物理研究，不断否定自我、不断提出新的研究课题与国外学者交流的研究历程谈一点体会，与大家共享。



图 1.3.1 全国第二届图论与组合数学学术交流会上作报告

实际上，这条研究之路体现于我在“全国第二届图论与组合数学学术交流会”(2006 年 8 月，南开大学) 上所作的“组合思想与数学组合化猜想”(Combinatorial speculations and the combinatorial conjecture for mathematics) 报告中提出的数学组合化猜想，即任何一门数学科学均可以进行组合化或进行组合重建。我个人更喜好把这个猜想看作一种科学研究的“组合思想”即：

(1) 对任何一门数学化的科学，可以选择有限条公理和组合规则采用组合方式进行重建。这类似于公理化思想，但比公理化要广。

(2) 采用组合方法可以对经典数学科学不同分支在一定组合结构基础上进行组合推广，从而建立新的数学科学体系。我个人称之为“数学组合”(Mathematical Combinatorics)。

报告作完后，几位中青年学者曾与我进行了充分讨论，同时在网上我也与国外几位教授，包括现任国际数学联盟主席 Lovasz 教授进行了交流，更坚定了我的信心，并在个人已经出版的《地图、曲面与 Smarandache 几何的自同构群》(*Automorphism Groups of Maps, Surfaces and Smarandache Geometries*, 美国 American Research

Press, 2005 年）和《Smarandache 重空间理论》（*Smarandache multi-Space Theory*, 美国 Hexis, Phoenix, AZ, 2006 年）基础上，于 2009 年在美国出版《组合微分几何及其在场论中的应用》(*Combinatorial Geometry with Applications to Field Theory*, 美国 InfoQuest, 2009) 专著，采用组合方法完成了组合 - 拓扑 - 微分几何 - 理论物理的理论框架建设工作。

一、我的组合学

我是较早从事组合学中图论研究的学者。1983 年，我来京在一所建筑学校求学，但个人的志向在于数学，于是在北京工业大学杨燕昌教授指导下学习组合数学，记得读的是青海师范学院油印的 Bollobas 著作《极值图论》（施容华翻译）并开展对一些期刊上发表的结果试着进行改进。1984 年 -1998 年这 15 年中，我一致在从事着图的结构性质研究工作。虽然这一时期也学习过拓扑学、微分流形、微分形式等课程，但没有做过深入研究，而在图论方面，则先后研究过图的离心率、自中心图、无三角形图、Hamiltonian 图和 Cayley 图等，并在国内期刊上发表过论文。这期间的一部分研究成果在国内期刊上的发表，一直延续到我攻读博士期间，也使我能够顺利完成博士阶段需要公开发表论文的数量，进入博士论文答辩。

这时所有研究是自愿的，也是业余的。这期间的研究工作也没有明确的方向，个人实际上也不清楚最终这些研究工作完成后对数学发展、科学发展有什么用，仅是把在学术期刊上发表论文看作一种社会承认，一种“荣誉”，而这种想法到了上世纪八十年代末实现起来则变得越来越困难。当时国内学术界普遍认为图论研究太容易出成果，于是数学界一些主要学术期刊对图论论文进行了大范围封杀。大量图论论文遭到退稿，甚至没有任何理由，仅是“不宜在本刊发表”一句话就打发了作者。最近一些老先生纷纷为国内图论水平低下、跟不上国际图论研究进程发感慨。我个人始终认为，上世纪八十年代末国内学术界对图论论文的封杀是罪魁祸首，它直接导致了大量学者不愿意再研究图论，因为论文发表太难了。虽然后来一些学术组织每两年在国内召开一次“全国图论与组合学术交流会”，为团结图论学者做出了一定贡献，但基本上都是一些老学者带着一帮弟子参加，其目的在与多认识一些朋友，为论文发表和寻找基金资助找一条出路。进入二十一世纪后，这种团结促进作用也日益微乎其微了。

那么图论要不要研究，要不要跟上国际学者的研究步伐？答案是肯定的。2007 年，我曾在一个组合学论坛里发过“关于振兴图论研究的思考”一个帖子，代表了我对这个问题的看法，这里转述如下：

实际上图论或组合数学的研究不存在重振问题，关键是怎样搞，搞什么。作为数学科学大家庭中的成员之一，选题很重要。我们许多学组合的人，往往选一些纯组合类问题去研究，搞来搞去只有很少几个跟进的组合弟子感兴趣。我们往往不敢问自己这样的问题：我研究的这个问题对数学科学有什么用处？对科学研究又有哪些贡献？为什么不敢问是需要深思的。知识的贫乏常造成我们也说不出来研究的课题有什么用！许多研究生告诉我"导师觉得这个结论是对的，让我证一下，然后合写一篇文章"— 这常常是国内组合研究的直接动因。要搞好国内的组合研究，导师必须有一种融入整个数学大家庭的心态，不要孤芳自赏，不要抱着一些经典的图论或组合问题不放，学"愚公移山"，该抛弃的问题一定要抛弃，不要因为还可以发表论文而组织学生一而再地进行研究。同时导师组织研究的课题应瞄准数学或科学的前沿进行，不要怕为人梯。学生则一定要广泛地学习其他数学或科学知识，这是组合学生最薄弱的地方，研究组合学一些初等问题常不需要太高深的数学基础，即易于造成人的懒惰心理而不注重整个数学科学的发展。应多看一看不同课题、不同数学或不同科学研究的问题与结果，从中发现组合的贡献，进而对数学研究做出贡献。切忌不要为追求短期效益、追求论文篇数与检索级别而重复进行一些简单的劳动，这对个人发展是没有好处的。

组合学实际上是一门大学问，是整个科学之母。这种观点在国际上也是到了本世纪才得到认同，而在国内，上世纪八十年代末那场封杀运动的余威仍在。中国实际上是组合学发源地，古老的《易经》实际上就是一门组合的学问。《易经》里给出了用不同组合模型代表不同的自然情形，进而认识自然的方法。但遗憾的是，用组合模型代表不同情形的做法在中国并没有得到很好的继承，而是跟在外国学者后面跑，步他们的后尘。我相信伴随着国际交流，将组合学看作整个科学之母的观点也会得到国内学者认同，我个人称之为"组合复兴之路"，也相信这种复兴对推动国内数学研究，乃至科学研究，进而成为数学大国、科学强国大有好处。

二、我的拓扑学

我的拓扑研究始于 1999 年师从刘彦佩教授学习拓扑图论。拓扑图论的核心是研究图在曲面上的性质，特别是图在其上的 2- 胞腔嵌入性质，与一般图论研究不同，拓扑图论需要研究者具备代数学、代数拓扑学，特别是曲面分类及其性质方面的知识，数学味很浓。因为需要较多的数学基础，国内研究拓扑图论的人大多来源于刘彦佩等教授的弟子及其学生。

当时一起师从刘彦佩教授的有好几位弟子，主要研究两类问题，一类研究图在

曲面上嵌入的性质及亏格计算；另一类研究不同构嵌入的计数问题，主要是计数给定一类曲面上标根地图的计数问题。我同时研究这两类问题，但兴趣点则想弄清楚*标根地图计数的本质是什么？与图嵌入的关系是什么？*采用代数分类的想法，我试着对一个图在曲面上的所有嵌入，用 Burnside 引理进行同构分类，意外发现实际上可以用一个简单公式计算一个图在曲面上生成的标根地图数，于是明白地图计数实际上是在计算图的自同构群阶的倒数和。通常采用群论方法一般无法得到一个紧凑公式，而组合方法则可以发现一些特殊地图类紧凑公式。这就是 2003-2004 年我发表在《*澳大利亚组合杂志*》、国内《*数学进展*》、《*数学物理学报*》和韩国《*应用数学与计算*》等期刊上文章结果的来源。

图的曲面嵌入则主要研究一些特殊性质的嵌入，如每个面均为圈的 2- 胞腔嵌入等存在性和亏格计算问题。校图书馆正好有一本 Gross 和 Tucker 著的英文的《*拓扑图论*》，借出来整书复印后进行认真研读。出发点本是想弄清楚图的曲面亏格计算方法，结果发现这当中的电压图有着很强的代数和组合背景。电压图实际上是拓扑学中覆盖空间的一个特殊情形，应该可以在更大范围内应用。这种想法经近年努力得到了证明，促使了我这两年在一些国际期刊上发表的采用电压图方法构造主微分丛理论有关文章。

完成博士论文《*论给定基础图的地图*》并拿到博士学位后，觉得松了一口气，这时也有时间来反思攻读博士学位三年作了些什么研究？所得研究成果有哪些价值？才发现所有工作成果微不足道！特别是进入中国科学院数学与系统科学研究院跟随田丰研究员从事博士后研究的两年，我一致试图回答这样一个问题，就是*拓扑图论到底有什么用？它在拓扑学，乃至整个数学中占据了何种角色？*这个问题直到我的博士后研究结束，特别是研读了一些国外拓扑图论大家的著作才弄明白。简单说来，拓扑图论实际上是想用组合的方法研究曲面性状，进行曲面元的组合刻画。这就造成了真正的拓扑学家不会去研究拓扑图论问题。在拓扑学家看来，曲面不过是紧致的 2- 维流形，其分类问题已经得到了很好的解决。所以 2- 维流形上的问题在拓扑学中往往不会被重视，有关工作也不会对拓扑学的发展有更大的促进作用。拓扑学家更关注的是 n- 维流形。而从应用角度讲，特别是人类认识自然界需要，迫切需要弄清楚一般维数的流形结构。

从博士到博士后，我一直在采用同构分类的方法计数不标根地图，即图在曲面上嵌入计数。许多工作在当时已达国际一流水平了，还可以写出不少优秀论文。但当想清楚拓扑图论在拓扑学中的地位后，我停止了拓扑图论的研究工作，虽然还关注这方面的进展，也仍然参加国内图论与组合学术交流会。这也是我从 2005 年以后再没写过图论及拓扑图论方面文章的主要原因。

弄清楚了拓扑图论的最终目的，也直接促成了我提出数学组合化猜想，因为拓扑图论实际上就是曲面的组合化，成了我的数学组合化猜想一个有力佐证。这种想法，或者说是数学组合化猜想原型直接体现在了我的博士后报告《论地图与 Klein 曲面的自同构》，也就是 2005 年我在美国出版的《地图、曲面与 Smarandache 几何的自同构群》一书第五章前言中，即下面这段话：

For applying combinatorics to other branch of mathematics, a good idea is pull-back measures on combinatorial objects again, ignored by the classical combinatorics and reconstructed or make combinatorial generalization for the classical mathematics, such as, the algebra, differential geometry, Riemann geometry, ⋯ and the mechanics, theoretical physics, ... （想要将组合学应用于其它数学分支，一种最好的办法是在组合学研究时，恢复在经典组合学中所忽视的度量，对经典数学学科，如代数、微分几何、*Riemann* 几何⋯以及力学、理论物理... 等进行重建或组合推广。）

这种思想也直接促成了我研究 n- 维流形，进而近年能够在国际期刊上发表一些关于组合流形及其基本群、同调群方面文章。

三、我的微分几何

2005 年与一位美国教授的网上机缘，使我下决心从组合转向 Riemannian 几何，并进而进行其组合推广的研究工作。

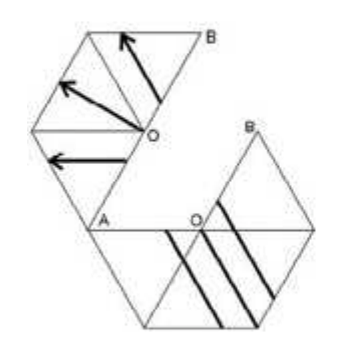
（一）Smarandache 几何

我在中国科学院数学与系统科学研究院的博士后研究于 2005 年 5 月底结束，联系在京科研机构、大学找工作，没有一家单位愿意接收。没办法只能回到从事博士后前工作过的一家招标公司工作。不能将数学作为职业来做，个人觉得很灰心，也有一种让学术界抛弃了的感觉。这年初美国一家出版社给我来过一份电子邮件，称只要书中有 Smarandache 几何的内容，他们可以资助我在美国出版。

我很欣赏个人在博士后报告的那种数学组合的观点，认为虽然不能职业从事数学研究，但应该把自己对数学发展的见解让世人知晓，在数学领域留下点痕迹。于是这年三月我开始重新整理博士后报告，增加了部分内容发给了美国那家出版公司，并告之我在书中第五章采用组合观点讨论了 Riemannian 曲面。这家公司的编辑看过稿子后，提出 Smarandache 几何远比 Riemannian 几何广泛，建议我研究后增加有关内容，并提供给我相关文献资料。当时的 Smarandache 几何研究相当初等，只要能构造出这种几何就可以刊发。由于多年研究组合、拓扑的原因，我习惯于采用

组合思维方式研究他们的问题，发现他们提出的一个未解决问题采用平面地图很容回答。于是在书中增加了这部分研究结果后发给美国那家出版社。最终，这本书于 2005 年 5 月在美国正式出版。

这样，在博士后研究结束同时，我就在美国出版了一本学术专著，也创下了博士后研究结束在美国出版专著的先河。接触 Smarandache 几何，发现这方面存在大量的研究工作，相关论文、著作在美国出版较容易，点燃了我继续研究数学兴趣，并决定转向 Smarandache 几何研究。但我这时的工作关系已经回到了公司，为了不让外界认为我是非科班出身的学者，我与中国科学院数学与系统科学研究院有关领导商量，并将我在美国出版的那本专著送给他们。几位领导经过研究，一致同意我可以继续以中国科学院数学与系统科学研究院名义发表论文、出版专著和参加学术会议，对我的研究工作提供了极大支持。



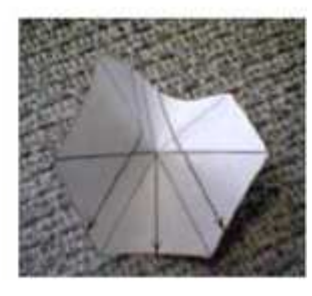


图 1.3.2 2- 维 Smarandache 几何

Smarandache 几何是一种冲破传统观念的几何，即要求在这种几何空间中，一个命题可以同时成立与不成立，或是以两种以上方式不成立，这在经典几何中是不愿意接受的，总觉得这是一种包含矛盾的体系。经典几何比较喜好考虑那些具有均匀性质的几何空间，这与人们所期待的心灵感应相呼应，总觉得只有均匀的才是完美的，也才是理想的。但殊不知这种均匀的几何空间无论在自然界，还是在人类社会均不可能存在。自然界发展所依靠的动力，正是这种均匀与不均与之间的矛盾；而人类社会中超级大国与贫穷小国共存以及贫富差距的矛盾，则促使人类社会不断革命，促进了人类社会进步与发展。

我被这种怪异的几何吸引了，因为它更符合自然界和人类社会的实际情况，也是数学工作者需要采用定量方式弄清楚的。于是在接下来的时间里，我研究了 Smarandache 几何已有结果，特别是 Iseri 采用平面几何构造出的那些 Smarandache 几何，我觉得应在一般曲面上构造 Smarandache 几何，于是提出地图几何的概念并开展了相关研究。这些研究推广了 Iseri 的构造方法，也为我后来研究组合微分几何打下了基础。

地图几何实际上一般性地构造出了 2- 维 Smarandache 流形，而对于一般性的构造出 n- 维 Smarandache 流形，国际上除定性描述外并没有任何数学结果。这时，一位美国教授问我能否回答 Smarandache 几何与 Finsler 几何、Weyl 几何的关系。他们从直觉上认为 Smarandache 几何应该包括后面两种几何，但一直给不出数学证明。借助于我在欧几里德空间建立 Smarandache 几何的工作，我引入了伪 n 维流形，并在其上建立了张量场和纤维丛，从而一般性地完成了 n- 维 Smarandache 流形构造工作并回答了上述包含关系，得到了几位美国教授的认同，并在其随后编写的一本书中引述了这个结果。

目前国际互联网百科全书上解释 Smarandache 几何一共引用了六篇参考文献，其中两篇是由我完成的。

（二）重空间组合理论

研究这种怪异的 Smarandache 几何，我意识到实际上可以一般性地进行这种数学体系的建设，比如把两个以上的代数群、环、域或是度量空间放在一起，进而探讨其应有的结构及性质。在完成了几篇类似论文后，我把我的想法告知了美国朋友，他们告诉我这种想法实际上是一种特殊的 Smarandache 重空间。一个 Smarandache 重空间定义为 n 个两两不同空间的并，其中整数 n 大于等于 2。这样，Smarandache 几何不过是一种特殊的 Smarandache 重空间。

从理论上讲，人类受五官和自身条件的限制，只能部分地、或从不同角度认识自然，即得到一些片面结果，而且在人类认识角度看都是正确的，这正如著名的“盲人摸象”所蕴含的哲学道理。那么对自然的正确认识，如果不是片面的，那就应该是所有认识结果的总和，即所有自然行为特征的并集合，这也是国际上近年认为可以由此诞生理论物理的统一理论（Theory of Everything）的原因。

但一般性考虑不同空间的并集不过是一个集合问题，无法应用于自然的定量刻画。不同空间的并可以有许多种方式，而这种区分就需要借助于组合或是图论方法。所以我一直认为 Smarandache 重空间是一种泛组合理论，而且与我此前提出的数学组合化猜想的想法不谋而合。不过我认为，数学组合化猜想是一种可以实践并创立的理论，由此可以引导创立全新的数学组合理论而不仅仅停留在集合的并这个层面上。经过研究，并把我的观点进行系统总结，我于 2006 年 4 月在美国出版了第二本专著《Smarandache 重空间理论》，包括了我关于代数重空间、Smarandache 几何、地图几何、伪平面几何等方面的研究结果，其中大部份此前曾在美国一份学术期刊上发表。在一些引文索引评价中，这部专著被评论者定性为代数几何方面的专著。

（三）组合微分几何

理论物理，特别是引力场理论中应用的主要工具是 Riemannian 几何，所以想要将 Smarandache 几何或上面数学组合理念应用于理论物理研究，客观认识自然，仅完成一些定性研究工作是远远不够的，这也是我一直对美国几位教授组织的研究小组提出的忠肯意见。

从 2006 年 8 月我在“全国第二届组合数学与图论学术交流会”上提出数学组合化猜想之后，我一直在尝试建立组合 Riemannian 几何工作，在豪斯道夫空间基础上提出了组合流形概念并作为研究对象。直观上讲，它就是流形在给定组合结构下的空间组合，于是就有了拓扑组合流形和微分组合流形之分。前者研究组合流形的拓扑性质，如 d- 连通性，基本群、同调群、拓扑特征等内容，后者研究微分组合流形的微分性质，如向量场、张量场、外微分、联络、Riemannian 度量、结构方程等微分性质。研究结果表明，这种研究对象具有流形和图结构双重性质，许多结果需要同时采用流形和图的一些指标才能描述清楚，这也是我最愿意看到的，因为这才是组合的本来面目。

第一篇这个方向的论文“组合流形上的几何理论”（Geometrical theory on combinatorial manifold ）长达 50 余页，于 2007 年初完成。我个人认为这篇论文奠定了组合微分几何的基础，于是投到了美国 Trans. Amer. Math. Soc. 上，编辑很客气，告诉我目前该期刊积压的微分几何稿件三年之内刊发不完，建议我改投其他刊物。我给几位美国朋友去信，问哪些学术刊物接受关于 Smarandache 流形的论文。他们告诉我印度有一本几何与拓扑的学术期刊接受这类论文，我于是将这篇文章投了过去。审稿人是刊物的主编，日本一位很有名的几何学家。他给出了肯定的评价，决定接受这篇论文。随后编辑部给我发来正式的接收函，但同时付了一份版面费通知单。我这才知道这本期刊是要收费的。考虑到这篇文章的开创性，经过与编辑讨价还价，最后按 50% 的费用支付了版面费。这篇文章 2007 年在这本期刊上刊出。有了这次教训，加之这种开创性的文章在一些创立时间较早的期刊上均不愿意刊登的原因：一是接受的文章类别相对固定；二是创立时间越早，其审稿人和作者群均相对固定；三是对亚洲、非洲等国学者论文歧视；...... 等，在我一位同学的建议下，我与美国朋友商量，询问能否帮助我在美国创立一本期刊，专门刊登数学组合与理论物理方面的论文和综述性文章。正好此前我在英国出版了一本论文集《数学组合论文选(I)》（Selected Papers on Mathematical Combinatorics）, 于是决定采用“国际数学组合杂志”（International Journal of Mathematical Combinatorics）的英文刊名。为表明这本期刊蕴含着中国文化，期刊封面采用河图与太极图进行组合，蕴

含着采用组合思想研究数学、物理及宇宙万物的这种东方哲学思想。美国朋友很愿意帮忙，填表、在美国国会图书馆进行注册、申请统一的期刊号等事项均由他们完成。我这边则是组织编委会，并与中国科学院数学与系统科学院联系，希望能以中科院某个单位的名义编辑，同时期刊信息能够出现在其网站、网页上。中国科学院数学与系统科学院的有关领导很支持，同意以中国科学院管理、决策与信息系统重点实验室名义编辑，便将有关期刊介绍、编委名单和征稿启事等内容挂在了该实验室网站上。这本期刊于 2007 年 10 月在美国正式创刊，为后来发表国际上采用组合思想研究经典数学和理论物理的文章打开了论文发表的途径。

考虑到组合引力场方程建立和研究需要，我又陆续进行了组合流形上的联络、曲率张量、积分、结构方程、子组合流形及其在组合欧氏空间或欧氏空间中的嵌入，以及 Lie 群、主纤维丛理论的组合推广等研究，得到了一大批有价值的结果，这样就初步完成了组合微分几何理论体系的建设工作，并于 2009 年 9 月在美国出版了组合微分几何及其在场论中的应用那本专著。值得一提的是，这当中建立组合流形上主纤维丛理论所采用的正是拓扑图论中电压图方法，即一种群、图、覆盖空间与微分几何有机结合的组合方法。

四、我的理论物理

几何研究的目的是为物理研究提供时空模型。Smarandache 几何是本着为广义相对论和平行宇宙提供数学模型提出的。我对理论物理的研究始于 2006 年，在专著《Smarandache 重空间理论》最后一章，我初步讨论了 Smarandache 几何与广义相对论的关系、M 理论，以及与宇宙学的关系等内容。因为当时还没有系统建立组合微分几何，无法从数学上对平行宇宙进行计算与讨论，所以书中仅是简单的定性研究，有关结果也没有拿到期刊上发表。

到了 2009 年，经过三年多的研究，组合微分几何理论框架已经搭建起来了，有关的曲率张量计算已经可以付诸实施。为此，我又重新开始思考 Einstein 的广义相对论和平行时空问题。实际上，组合（微分）流形为平行场提供了一种数学模型，即任何一个光滑组合流形可以看作一个平行场，只不过需要把其中的每个流形看作一个物理场。

众所周知，Einstein 广义相对论阐述的，实际上是一种自然规律不以人的意志为转移的哲学思想，用一句话说，就是描述物理规律的数学方程在所有参考系中的表现形式应一致。那么，组合时空中的 Einstein 引力方程应该怎样表述呢？与经典的 Einstein 引力方程类似，组合引力场方程应为曲率张量方程，只不过这时的曲率为组合微分流形上的曲率。

组合时空，实际上蕴含着一种人类对自然认识存在局限性的哲学思想，这也是在中国古代一些哲学著作，如老子的《道德经》中所体现的。在这种认识下，人类对自然的测量结果实际上仅是真实结果的一部分，即一个片面结果，而真实结果远较人类认识到的要复杂的多，为此，我提出在组合时空中，除需要满足 Einstein 的广义相对性原理外，还需要满足射影原理，通俗的说，就是描述组合时空物理规律的数学方程在由整个空间投影到其中每个组成空间的变换下形式不变，这与人类对自然的认识和人类心灵感应是一致的。这样，推广后的组合引力场方程就蕴含了经典的 Einstein 引力场方程。反过来，利用已经得到的一些经典引力场 Einstein 方程的解，如 Schwarzschild 球对称解、Reissner-Nordstrom 解等，采用组合方法可用之去构造组合 Einstein 引力场方程的一些特殊解，对组合引力场的行为进行模拟。这种思想，首先出现在我的一篇关于组合流形上的曲率方程的论文，随后，美国一份物理学术期刊今年以“专题报告”（Special Report）专门刊出一篇我的“组合引力场的相对性原理”（Relativity in Combinatorial Gravitational Fields）的文章，详细阐述了这种组合引力场及与经典引力场的关系。实际上，这种组合场的思想还可以应用于对规范场进行组合，建立组合 Yang-Mills 方程，进而用于粒子物理研究。我 2009 年在美国出版的《组合微分几何及其在场论中的应用》那本专著中进行了一些初步探索，这方面还有一些基础问题需要解决，也有较大的研究发挥空间。

五、对现行科研体制思索

回顾个人二十多年所走过的研究道路，深感科学研究，特别是原创性科学研究，除必须有一种科学奋斗精神外，还离不开一种好的研究思路和学术思想。前不久，一些媒体曾报道我国已经成为发表论文的“超级大国”并引以为荣，殊不知这当中 99% 都不属于原创，对推动科学乃至人类社会没有丝毫作用。它们或是小改小革，研究结果等同于练习题；或是跟着国际期刊上某一篇文章，稍作一点改进就忙着发表；或是为评职称、为应付每年发表论文要求数量而拼凑、抄袭之作；......，凡此等等，为什么产生这种现象是值得深思的。这当中有科研体制，包括科研基金支助、科研工作评价方法等方面的问题，也有科研人员自身素质和职业操守问题。

首先是经费问题，绝大多数科研人员的工资除养家外几乎所剩无几。科研人员，特别是研究基础科学人员待遇低一直是个不争的事实。我的许多同学因为拿不到科研基金，不得不放弃研究、放弃参加国内外的学术交流，因为他们首先是人，首先要满足生活需求。2008 年，我在湖南师范大学给青年教师和研究生一次学术报告中，引用了一位活佛对人类群体的层次划分。他说，人类实际上分为三个层次，第一层是整天忙于生计问题，即挣钱，养家糊口；第二层按一定思想引导人类实践，比如

教师、牧师等；第三层则是创造思想，比如佛。在那次报告中，我告诉听众，研究数学科学实际上就是研究哲学，位于这位活佛分类中的第三层，属于已经解决了经济基础的上层建筑领域。如果还需要忙着打工挣钱，那么，你研究不了数学科学。毕竟世界发展到了二十一世纪，饿着肚子研究学问是不现实的，还不如去从事一些低层次的工作，先解决好生计问题再谈学术研究。所以，解决好大多数科研人员经费问题，使他们无后顾之忧是建立科技强国的首要工作。

而科研经费评审，资助谁不资助谁则成了基金管理者的心病。虽然每次基金评审找了许多有水平的专家进行评审，但殊不知学业有专攻，并非他们就一定知道课题申请人的课题会为学科发展带来突破。而仅是凭借课题申请人在申请报告中的阐述或是对申请人科研工作的了解判断其课题价值。这种做法，势必造成学术界的分帮分派，以及拉关系走后门事件发生。经常见到一些老掉牙的课题还不时有基金资助；而一些开创性的课题，特别是一些青年学者提出的一些开创性课题，因其人脉关系不到位，评审者又看不懂或无法预测其对科学发展的作用而得不到资助。

我一直没有申请过国内科研基金，主要原因是我的研究工作，特别是专著、论文的出版，一直得到美国一些机构资助。这样可以有更多的时间研究一些对数学或科学发展均有促进的课题而不用为每年考核需要的论文数量发愁。我个人始终觉得，从事科学研究的最主要前提是研究者对研究工作的热爱并愿意为之奋斗终身加之好的研究思想，而不单纯决定于在大学或科研机构从事职业研究，这也是判断一个人从事科学研究处在上面那位活佛分类中哪个层次的一个主要标准。

其次，国内对科研人员、大学教师的评价机制，一直制约着国内学术发展，那种急功近利的思想，不时激励研究者从事那些短平快的课题研究，不愿意也不可能去做一些有益于科学发展的大课题。这也是造成国内创新性成果少，与西方发达国家差距越来越大的一个主要原因。2007 年我曾在一个论坛中发了一个“关于 SCI 论文”的帖子，对国内科研评价体制进行了思索，其中一段话如下：

> 个人认为当下在国内及需要纠正的，是将一些不应该纳入科学评价体系的内容纠正回来，比如以 SCI 论文数量评价一个学校或一个学者，因为科学工作的评价至少在三年后才能看出来其价值，有的甚至是在数十年以后，如 Yang-Mills 场就是这方面的一个例子。让人们多去研究一些与人类认识自然、与人类适应自然相关的重大课题，这才是科学研究的首要任务，也是数学研究选题的方向。

我的这种观点在国外近几年也有不少呼声。2008 年底，美国工业数学会等三位会长曾联名发文，批评采用 SCI 指标评价科研工作，反对其与科研基金资助挂钩。我的几位美国朋友也不时与我讨论类似问题。这种评价体系实际上采用了一种引用

率高的论文学术水平一定高，其完成者学术水平高的假设，这是极不科学的，也是肤浅的，因为 SCI 指标计算主要依据的是论文引用率，丝毫不涉及论文的学术水平，引用率高不过表明后继者可以进一步做一些工作，表明读过这篇论文的人比较多而已。

所以，如果不解决科研人员、特别是从事基础科学研究的人员待遇问题，不改变采用 SCI 论文指标评价科研工作的方法，我们很难看到一些大的、有国际影响的开创性工作面世。美国《物理进展》学报主编 Rabounski 教授于 2006 年曾在该学报上分别采用英文和法文发表了一封“科学研究自由宣言：科学人的人权”（Declaration of academic freedom: scientific human rights）的致科学社会的公开信，受到了国际科学界的普遍关注。他指出：

科学研究的思想是开放的，无禁锢的；科学家在科学问题研究上是平等的、自由的，无权威还是普通人员等级区分；科学论文的发表是自由的，不能人为设置障碍，或仅因审稿人喜好而拒绝论文的发表，不能依论文的 SCI、EI 等检索对其进行等级评判；同时科学研究要遵守人类社会的道德观，不能从事那些反人类的、有悖于人类道德的研究，这是每一位科学工作者的权利与义务等。

人类社会进入到二十一世纪，环境、不可再生资源等问题日趋严重，与人类过去若干年对自然的不知晓，从事过多有悖于自然规律的活动有关。此时，科学研究迫切需要与自然和人类社会协调发展、共同进步，这是二十一世纪科学自身发展和其服务于人类社会功用应采取的必经之路，也是每个科研人员需要与之奋斗并贡献其才智的大问题。

谨以本文与国内学者们共勉！

我的经济之路[1]

摘要: 本文细致回顾了我从一个建筑工人，经过 30 多年的努力，历经委培生、施工企业工程师、建设单位基建顾问、总工程师和招标公司项目经理、专家办主任、副总工程师、行业协会副秘书长，直到集数学、物理、微观经济与宏观经济管理专家、学者为一身的艰辛过程，与个人青少年时期立志要成为一个数学工作者有关，更与个人诚实做人、本分做事和求真务实的治学态度密不可分，对立志成才的青少年朋友有一定的借鉴作用。

关键词：建筑工人，委培生，施工组织设计，施工技术，基建管理，招标代理，政策研究、行业专家。

Abstract: This paper historically recalls each rough step that I passed from a construction worker to a professor in mathematics and engineer management, including the period being a worker in *First Company of China Construction Second Engineering Bureau*, an entrusted student in *Beijing Urban Construction School*, an engineer in *First Company of China Construction Second Engineering Bureau*, a general engineer in the *Construction Department of Chinese Law Society*, a consultor, a deputy general engineer in the *Guoxin Tendering Co., Ltd*, a deputy secretary general in *China Tendering & Bidding Association* and a vice president of *China Academy of Urban Governance*, which is encouraged by to become a mathematician beginning when I was a student in an elementary school, also inspired by being a sincerity man with honesty and duty. This paper is more contributed to success of younger researchers and students.

Key Words: Construction worker, entrusted student, construction management plan, construction technology, construction management, project bidding agency, teacher in bidding, governance.

---

[1] www.cgxh.org, www.mathcombin.com

引子

经济即经济管理与谋生，是我提供家庭开支和个人数学学习与研究的求生之路和经济来源，也是我“用在企业挣的钱去发展我的数学研究，走一条数学研究的新路”的实现途径。在 2009 年一次工程招标培训班上，我应邀为学员讲解《招标投标法》及操作实务。课堂上，我就《招标投标法》条文规定的内涵与外延，通过大量实际招标投标案例进行了细致的分析和讲解，引起了学员共鸣。下课后，许多学员围着我，纷纷列举他们在实际工作中遇到的问题和困惑，征询我的意见。我结合自己对《招标投标法》的理解以及个人的亲身经历一一作了分析和解答，学员们纷纷表示不虚此行，学到了“真知灼见”。在回住处的路上，组织培训的某培训中心主任对我说：“你讲课时我从门缝观察了一下听课情况，有的在认真记，有的在认真听，还有的张着嘴，一动不动地在听，入迷了，说明这次讲课对了学员胃口。”工作 30 年，我从一个建筑工人，历经委培生、施工企业工程师、建设单位基建总工程师和招标公司项目经理、专家办主任、副总工程师、行业协会副秘书长，直到集数学、物理和微观经济与宏观经济管理学者为一身、教授和行业资深专家为一身，与个人青少年时期立志成为一个数学工作者有关，更与个人诚实做人、本分做事和求真务实的治学态度密不可分。

一、建筑工人

1980、1981 年，我连续两年参加高考，虽然成绩均过了录取分数线但始终没能跨入大学校门。1981 年 9 月，建设银行唐山分行在当年没为高校录取的考生中选择员工，我参加了体检，但没有被录取，只能跟随母亲和一些子弟在父亲的工作单位中国建筑二局九公司干临时工。

1981 年 12 月，中国建筑二局一公司进行大范围招工，以满足工程建设的需要。当年 12 月 25 日，我参加了工作，与许多其它公司的子弟一起来到了当时还在建设新唐山的中国建筑二局一公司。这一次参加工作的青年有 40 多人，公司在唐山丰润热电厂工地组织了为期两个月的青工入厂教育，通知我们考核合格后才给分配工种，进入班组工作。

1982 年春节后，青工入厂教育结束，我被分配到了中国建筑二局一公司三处八队，工种是架子工。与我一起分到该公司三处的，还有 4-5 位子弟。父亲时任中国建筑二局三公司教育科长，据说曾与中国建筑二局一公司教育科长打了个招呼，要求在工作上照顾一下我。他们很照顾我，因为架子工学徒 1 年，转正快，同时，每月收入加补助有 20 多元钱，粮食定量 40 多斤，比其它工种高多了，这在物资匮乏

的年代是一个不错的选择。我当时一心想学木工，因父亲是家具木工出身，其技术含量高。但也正是因为没能从事自己想干的工种，才使我后来要去专业学校深造而改变人生。

领完工作服、安全带、扳子等必备用品，我开始了建筑工人生涯。每天与工人师傅一起，到唐山陡河电厂三期工地上班。这是一个世界银行贷款项目，建设工期十分紧张。为保电厂如期发电目标，作为辅助工种的架子工经常需加班将脚手架搭好，为后面的木工、钢筋工等施工提供工作面。

第一个月发工资，工资加上加班费我领到了 40 多元，高兴极了，因为当时一个月的生活费也就是十七八元钱。我决定每月从工资中留 5 元钱去购买数学类书籍(当时书很便宜，一本 200-300 页的书，只需花几角钱就能买下来。1981 年春节我在唐山新华书店买的华罗庚的《数论导引》，一本 700 多页的名著，也只花了 3 块多钱)，剩下的，积攒一起后交给母亲。这时，我每两周一次由陡河到唐山市区，再从唐山市区转车前往丰润区父母家，每月去一次唐山市区新华书店买书，比如华罗庚的《高等数学引论》第一册、前苏联吉米多维奇的《数学分析习题集》、G.Birkhoff 和 S.MacLane 的《*A Survey of Modern Algebra*》(4th edition)、李慰萱的《图论》等就是在这个时期买的。最后那本图论书，直到 1984 年跟随北京工业大学杨燕昌教授学习图论，我才把它全部读懂。

当时正赶上社会上关于实践是检验真理的唯一标准大讨论结束，人们迫切需要学习文化知识，以适应国家经济建设需要。中国建筑二局一公司为青工办起了文化补习班，由几位“文革”前和 1982 年毕业的几位大学生讲授初等代数、初等几何等文化课程。参加了几次补习后，我感觉没有必要再去听讲了，因为这正是我在中学时期学得最好的课程。于是，我利用晚上时间学习梁绍鸿教授的《初等数学复习及研究》和高等学校的微积分教程等，并试着解答吉米多维奇《数学分析习题集》上的一些练习题。许多青工都知道我的数学基础好，下班后也愿意与我讨论一些初等数学问题。

中学数学基础的扎实，也使得我在这一时期能读懂不少课外书，对我后来可以站在一个比较广泛角度看待数学问题打下了一定基础，比如求解数论中的不定方程和数学归纳法进一步应用等。读时任教于辽宁大学数学系的吴振奎老师的《中学数学证明技巧》，觉得上面有些地方计算或证明有误，有些地方还有更简捷计算或证明方法，于是大胆给作者写了一封信。吴振奎老师很快就给我回了一封信表示感谢，同时寄来他刚刚出版的《中学数学计算技巧》让我提提意见，后来又让我写一份书评寄给出版社，对时下还是建筑工人的我产生了极大鼓励。他也成了我在这一时期能够坚持自学的精神支柱。

但我的本职工作是架子工。我需要先干好本职工作养活我自己。架子工有几项基本功要训练，一是爬架子，在摇摇晃晃的脚手架上要能站稳，在脚手杆上要能行走；二是几米长的一根脚手杆，一下要能立起来，并稳住；三是在地面向上甩扣件等小型材料要 1 次到位，便于上面的人接住。锻练了几个月后，我基本上可以满足这几项要求了，于是跟着师傅们参与了电厂各类脚手架搭设工作。

为保证电厂汽轮机基础交付安装，架工班有好几个月时间在进行汽轮机基础支撑架搭设。该支撑架由中国建筑二局一公司一位老工程师设计，相对保守，立杆中心间距仅有 50cm，步距 60cm。搭设过程中，掉到下面的扣件、管件、扳子等均无法拿出来，因为人根本无法钻进去，工人师傅戏称这是"*麻雀也钻不过去*"的架子。白天上班、晚上加班，加之晚上还要自学，难免疲倦。一次工间休息，我不自觉地在汽轮机承重架上睡着了，差点掉下去，好在架子比较密，脚手板铺的比较宽才没出意外。这以后，凡是搭设几十米高的脚手架，工人师傅一般都会安排我在地面递送架料。

1982 年秋季的一天，我参与电厂外装修脚手架搭设工作。工间休息我从脚手架上下来，碰到一位刚刚分配到电厂工作的大学生。他很谦虚，问我电厂的工程与设施布局，如哪是汽轮机、哪是锅炉房、变电所等，我一一进行了介绍，随后他向厂区走去。看着他远去的背影，我不由地感到一阵心酸：*难道自己就这样在脚手架上度过一生吗？*因为当一个建筑工人与自己在中学时期的付出和老师的期望实在不符。高中时期对我期望最高的是数学老师胡中生，"*谁考上大学都无所谓，只要毛林繁能考上就好*"–这是他当时与许多人说过的话。人这一生不能辜负别人的信任，更不能辜负他们对你的希望。2005 年 10 月，当我在同学陪同下再次回到中学时期生活地时，这位老师已经去世，同学带着我到他的墓前表达了我对他的哀思。

1982 年底，经过考试和考核，我转正了。这一时期，许多同时参加工作的人利用父母的裙带关系，或是调换成了好一点的工种，比如给施工员跑跑腿，帮着放线等，或是托关系去专业学校深造以求回来后能直接从事管理工作。这时一些其它公司的子弟也已纷纷调回了其父母所在公司。我参加工作时是以中国建筑二局九公司子弟名义来的，此时中国建筑二局九公司已经撤销并入了中国建筑二局三公司。没有可以利用的裙带关系，只能靠自己的努力改变命运了。

我决定再参加一次高考，以改变架子工这种不想为其付之一生的职业。1983 年 7 月高考前，我请了 2 个月事假在父母家复习、参加高考。高考结束后，个人感觉考试结果还比较理想。回到唐山陡河电厂工地后，一面继续干着架子工，一面盼着高考成绩早日公布。果不其然，高考分数公布后，我超过了本科录取线 10 多分，其中数学考了 110 分，近乎满分 (满分 120 分)，可以选择一所理想大学去学数学或应

用数学了。填完自愿，我一边干着架子工，一边盼着大学录取通知书的早日到来。

这一年 8 月眼看就过去了，我还没有接到大学录取通知，感觉入学无望了。与辽宁大学吴振奎老师通信，他说我的分数在辽宁没问题，肯定会被一所大学录取的。8 月底，中国建筑二局一公司与北京城市建设学校联系，委托他们培养 3 名技术人员，插班到该校工业与民用建筑、建筑给排水专业进行为期 4 年的学习。因学习地在北京，我很想利用在北京的机会学习数学，于是报名参加这次委托培养。这时，公司里希望参加学习并以此改变命运的人很多，为此，公司组织了语文、数学资格考试。我总分排名第一，顺利获得了到北京城市建设学校工业与民用建筑专业学习的机会。于是，1983 年 9 月 9 日，我和一位工人师傅一起，登上了由唐山开往北京的火车，并由这位工人师傅带着来到了已经由唐山搬迁到北京的中国建筑二局一公司总部。第二天，我拿着公司组织部门开的介绍信到学校报到，开始了为期 4 年的委培生生涯。

这些年很多人问我，参加了 3 次高考，为什么每次都超过录取分数线但没有为一所大学录取我。我告诉他们，1980 年那次高考，我的成绩可以上师范类院校，但我不愿意，选报的志愿几乎都是机械工程、机械制造类的热门专业，没被录取是正常的；后两次，一方面录取率低，仅 10-20%，加之我又不是应届毕业生，不占优势；另一方面，我也是近些年才明白，就是上了录取线并不一定能被录取。是否能进入大学校门，就看学校是否招你了。我想，这也许正是国内大学招生在录取率相对教低时的特色吧！

二、委培生

1983 年 9 月 10 日，我正式来到北京城市建设学校建 83-1 班，作为一名委培生，与参加北京市中等专业学校统一考试录取的几十名同学一起开始了为期 4 年的专业学习。这所学校实际上是由当时北京建筑工程学院分出来的一所中等专业学校，隶属于北京市建设委员会。学校几位校长和主要授课教师大都来源于北京建筑工程学院。有意思的是，二十多年后，即 2010 年初，我有幸成为了北京建筑工程学院（现北京建筑大学）的兼职教授，并与该校经济与管理工程学院共同创办全日制本科生“公共事业管理（招标采购方向）”，不知是否这就是冥冥之中的关联。

北京城市建设学校是一所以初中为起点的中等专业学校，所以第一学年学的基本上都是高中课程，有的比高中课程还要简单一些。虽如此，我第一学年还是准时到学校听课，毕竟学完了不用再干架子工，机会来之不易。

仅一个月的时间，学校老师和同学就知道我的数学、物理成绩特别好，根本就不用听课，但我还是坚持去听。同时，我主动告诉辽宁大学的吴振奎老师，我已到

北京这所学校学习了，希望他能给我介绍几位他在北京的同学，以便我在学习数学过程中有疑难问题好求教。他推荐了两位，一位是北京工业大学的杨燕昌老师，还有一位是北京工业学院（现北京理工大学）的陈元灯老师，后者我没有见过面，因为离我住的地方太远，加之给他写了封信没回。而杨燕昌老师则从 1984 年春季开始，一直指导着我的数学学习，这也是我后来能够顺利通过北京市高等教育自学考试应用数学专业所考科目，并直接考取北方交通大学博士研究生的主要原因。

在北京城市建设学校学习期间，我比其他同学大 3-4 岁，与老师处得很融洽，尤其是教数学、英语、理论力学、材料力学、结构力学、建筑学和施工技术的几位老师。一段时间后，一些老师问数学老师，说我这样好的成绩为什么会来北京城建学校求学。数学老师告诉他们我的背景，说我原来是一个工人，有机会出来参加系统的专业学习，比在工地上当建筑工人要强许多，因为每个人路的走法不一样。

学习《画法几何与建筑制图》，其中的画法几何不过是在高中数学中的立体几何基础上，进一步投影到平面上的结果，学起来没什么困难；建筑制图则是在画法几何的基础上，在建筑一定部位剖切然后进行垂直投影的产物，比如建筑平面图，就是在窗口位置上剖切后垂直向下的投影结果；而梁中的配筋图，则是从钢筋所在位置进行的垂直剖切后进行的侧面投影结果。我在中学时期的字写得是相当糟糕的。当时的物理老师戏称我的字象“甲骨文”，这与个人思维快，不愿拘泥于形式有关。但学习建筑制图，除采用铅笔画出粗细线条外，还要练习写标准的仿宋体，这对我是个锻炼。既要磨练性子，又要改变自己原来的写字习惯。几个月后，在老师的帮助下，仿宋字基本上可以过关，从而可以画出一张满足要求的建筑图了。

中学时期，我仅在高中学习过两年英语，基础算比较差，而此时跟随杨燕昌老师学习研究《图论》，又迫使我学好英语，因为当时国内的图论研究刚起步，迫切需要阅读大量的国际上公开发表的英文文献。记得当时学校采用的是大连海运学院的《基础英语》，其词汇量要求不是很多但英文语法讲得特别好，加之英语老师对语法又情有独钟，每个语法点都会为我们细致分析，有时还利用课余补课，进一步讲解一些难句、长句的语法以及段落分析，使得我英语水平增长很快。这样，在第二年基础英语学习结束时，我已经可以读懂发表在英文国际期刊，如《图论杂志》、《离散数学》等上面的专业论文了。

学习房屋建筑学，使我对房屋的构造和表示有了透彻的了解；而学习钢筋混凝土结构、钢结构和木结构 3 门课，则又让我进一步理解了数学的功用，同时也进一步了解了在建筑结构设计过程中采用的力学模型、计算假设和计算方法，这也是我回到中国建筑二局一公司从事技术管理，在结构计算方面略占优势的一个原因。

学习建筑材料、建筑施工技术等课程，又显现出我在唐山陡河电厂参与过两年

工程建设的优势，因为无论是建筑机械、建筑材料、建筑成品或半成品，还是施工工艺或施工方法，我至少已经有了感性认识，较之直接从初中来的同学好许多。对土方、钢筋、模板、混凝土、砌筑、门窗、抹灰、油漆等工程施工方法，我在陡河电厂时，有的辅助别的工种干过，有的则直接干过；再比如画模板图，别的同学因为没见过，不知道应该怎样去画，我则知道它实际上起着装混凝土的容器的作用，在底下或是在侧面，画起来得心应手。

而施工组织与管理一课中的网络计划，则正好又是我跟随杨燕昌老师学习的《极值图论》在生产实践中的一种具体应用，其中，工序的逻辑关系则与施工时间的先后及技术衔接有关，这是我的强项。应同学和老师的要求，我在这一时期课后，曾专门为同学们讲过一次"哥尼斯堡七桥问题与欧拉图"，以作为知识的进一步扩充。这门课后来成了我回到中国建筑二局一公司从事技术管理，即编写工程施工组织设计的基础。

我是先到施工现场工作两年，有了感性认识后再到专业学校学习的，属于由实践上升为理论的学习方式。而在专业教育体系中，往往是由中学直接进入专业学校，对所学专业课几乎没有感性认识。一般学校会在学习一段时间后组织学生进行专业课的实习与生产实习，属于由理论到实践的灌输式学法，"殊途同归"，但前者对于接受所学知识，进而指导实践更有利于人才培养。

北京城市建设学校委培期间，单位每年为我向学校交 400 多元钱的委托培养费，同时我每月还有 36 元生活费。学校放假，我还会回到唐山陡河电厂工地，找原来住在一个宿舍的几位青工互诉友情，因为我上学期间的生活费全是由他们帮我寄到北京住处的。

三、技术人员

对刚从专业学校毕业的学生来说，如何将在学校所学专业知识应用于其工作中，是每个专业毕业的学生都迫切需要考虑的问题。对企业来说，如何减少学生在企业的培养时间，以使他们能够快速地适应管理需要，是每个企业迫切的要求。1987 年 7 月，我的委培生涯结束，回到了中国建筑二局一公司从事工程技术管理，仅用了半年时间，就适应了工程施工管理，承担该公司一些建筑工程的专业技术管理。

（一）北京电力医院

1987 年 7 月我由北京城市建设学校学习结束，分配到了第三工程处生产技术股任综合技术员，配合一位老工程师负责北京电力医院工程。当时新工程还没有开工，但此前已经竣工的一些工程，北京市城建档案馆一直不收其竣工资料，理由是

竣工图不满足要求。

所谓竣工图，就是在原设计图纸上，将施工过程中发生的设计变更，采用文字或图反映在设计图纸上，以便于后人在处理某个问题，需要了解竣工实况时查对。我到工地的第一项任务就是完成一些工程的竣工图。对照竣工图制作标准和设计变更内容，我逐一核对此前别人完成的竣工图标注和说明是否反映了设计变更，同时熟悉图纸上一些常用的标注方法。经过细致地查对，发现确实有一些重要的设计变更内容没有如实反映在竣工图上，于是进行了添加或修改。竣工资料最后移交给了档案管理部门。1987 年底，组织上抽调我到北京四川大厦工程从事项目前期工程准备，进行施工现场平面布置以及配套的临建工程设计，这其间还专门到北京一家盒子建筑生产厂商去考察，配合材料部门订货。

1988 年初，国家缩减固定资产投资规模，北京四川大厦工程列入了北京市第一批停缓建项目，原设计的两座主塔均暂停施工。正好这时北京电力医院开工建设其病房楼与门诊楼之间的连系廊工程，我又回到了北京电力医院工地，负责该项目的技术管理。这是我独自负责技术管理的第一个工程。组织完工程施工图审查后，我开始编写工程施工组织设计。当时几乎没有编写施工组织设计的工具书，只有一些其它实施过的施工组织设计可供参考。该工程本身并不复杂，其结构为 4 层框架 - 煎力墙结构，按照学校学过的施工组织与管理，参照其它工程施工组织设计，我独自完成了该工程施工组织设计的编写，经过工程处主任工程师审核同意后，交付办公室打印，下发施工队执行。

该工程技术管理过程中，在一些老工程师的指导下，我逐渐学会了怎样解决施工过程中出现的各种技术问题，比如图纸上有矛盾的地方，既要发现，还要提出解决办法让设计单位认可；再比如施工中经常遇到的钢筋代换问题等；而模板支架、脚手架的设计则是编制施工组织设计基础而须先行结构计算的；到了装修阶段则还要配合建设单位进行装修材料选样、处理结构施工中的一些缺陷等。

虽然工程本身不复杂，但正是这个工程使我全面了解了一个框架 - 剪力墙工程的施工组织与管理方法，对后来从事技术管理以及个人的快速成长打下了基础。

（二）北京四川大厦

1988 年底，北京电力医院联系廊工程竣工。这样，在 1989 年初我又回到北京四川大厦工地。此时该工程正在进行停缓建部位以下项目的施工，我分工负责地上群房工程技术准备，专门负责图纸会审和编写其施工组织设计工作。正是在这个项目上，我在编制北京电力医院联系廊施工组织设计的基础上，经过了更加严格的施工组织设计编写训练和有关的结构计算，为后来编写施工组织设计、写施工技术总

结、论文打下了基础。这次严格的训练，也使自己继承了中国建筑工程总公司编写施工组织设计的编写传统和方法，即一份完整的施工组织设计至少包括：①编制依据；②工程概况；③施工部署，包括施工方案选择、施工段划分、施工程序、进度计划、垂直运输机械等；④施工准备及工作计划；⑤主要项目施工方法；⑥施工总平面图布置；⑦各项需用计划；⑧主要技术措施，包括质量保证措施、安全消防措施、冬、雨、风季施工措施和降低工程成本技术措施等；⑨附图、附表。在这个项目中，经过结构计算采用了碗口脚手架体系，也采用了快拆模体系等新技术、新工艺，对保证施工质量、工期，节省工程施工成本起到了一定的作用，同时自己也开始学会采用力学模型简化并进行模板支撑体系、脚手架计算等，进而解决施工中遇到的一些技术问题。

施工组织设计编完后，除需要处理施工过程中的技术问题、办理设计变更手续外，工作相对轻松，我这时正在准备参加“全国第九届图论学术交流会”的一篇文章。当时的电脑一般是 286、386 等老式电脑，在我的要求下，工地电脑室的同志帮我输入、排版和打印。我拿打印稿参加了那次学术交流会。

1989 年“6.4”期间，我正在北京四川大厦工地，在工地上经常可以看到海淀区高校学生举着红旗从阜城门桥下走过，但在“6.4”后的一周内，因形势太紧张，单位不得不放假，以防意外。到了 1989 年底，规定的停缓建部位已基本施工到位，我在此的技术管理工作结束，交接完有关资料后，又转到了下一个工地继续从事技术管理工作。

（三）北京财贸学院

北京财贸学院工程，是我个人建筑施工技术管理水平走向成熟，进行技术创新的一个项目。1987 年底，国家开始缩减固定资产投资规模，施工任务来源减少，但对大型国有企业来说，任务仍然不少。在这一形势下，1989 年底，中国建筑二局一公司三处承接了北京财贸学院一期群体工程的建设任务，这是一个施工工期十分紧张，同时为保证学生在 1991 年秋季顺利开学，又采用“平行施工”建设的一个项目。组织上安排我在这个工地负责施工技术管理，而建设单位一方，正好有一位北京城市建设学校比我晚两届毕业的同学。

教学楼基础施工，正赶上下大雨。第二天模板拆除后，发现基础梁根部出现了蜂窝麻面等质量缺陷，单位受到了质量监督部门的处罚。编写缺陷部位修复处理方案（膨胀混凝土二次浇筑），与同学一起征得设计单位的同意、督促施工人员修复混凝土缺陷则成了我的工作重点，也使我知道了保证工程质量，除编制施工计划外，尚需在施工过程中采取有效的质量控制与管理措施，而这恰是 ISO9000 质量认证体

系的核心思想。

这一年，北京市建设委员会在全市开展单位工程全面质量管理推广工作，北京财贸学院工程列入了检查项目。其中有一项双向考核，要求管理者对下级考核，写出意见；同时，下级也要对管理者进行考核，并要有记录。被检查单位几乎没有人知道应该怎么做。为应付检查，工程处分管质量、技术的几个同志连续几天准备检查资料。为此，我先画了一个表，让其反映出上下级的检查与被检查关系，然后列入几个检查科目，找人签上字。一共没几份，但总算表达出了双向考核的意思。全市检查总结大会上，这几份资料得到了肯定。一位领导在会上说道："你们都说双向考核实现不了，看一看北京财贸学院工地的做法，那不就是双向考核吗！"听开会的同志回来说我们因此事得到了检查组表扬，我感觉有些诚惶诚恐，因为那不过是为应付检查而临时准备的一份资料而已，并没有在实际管理过程中使用。



图 1.4.1 首都经贸大学校园

由于北京财贸学院一期工程 7 个单位工程同时开工，模板、架料需求量大，供求关系显得很紧张。这就需要计算在工程上的模板支架哪些可以拆，研究什么时间可以提前拆下来进入下次周转。结构计算后，我采用了二次支撑的方法，即大梁的模板拆除后进行二次支撑，其余位置则不需要的方法，这样大大节省了模板、架料的一次性占有率。经常对施工构件进行计算，加之从《建筑技术》、《建筑施工》等期刊上吸取别人的经验，使我对现场一些临时性设施的结构计算已经日趋熟悉。

学生食堂施工过程中，首层楼板浇注混凝土是 10 月 30 日，当日天气预报的最低温度为零下 8^oC 度。商品混凝土搅拌站添加的混凝土抗冻剂可以抗零下 10^oC 度，但当晚上实际温度低到了零下 16^oC 度。虽然在混凝土浇筑后加盖了草帘子保温，但第二天上午检查，发现浇筑的混凝土全部受冻，并且在接下来的两天混凝土一直不凝固。这是一次质量事故，只得找混凝土搅拌站的同志一起分析原因，与设计院的同志商量处理办法。分清责任后，这一层混凝土在浇筑后半个月全部拆除，接茬部位清除干净后重新浇筑同配比的混凝土。

1990 年底，一位一起工作的同事告诉我，说北京市有一种高等教育自学考试，

不用上学，直接按照专业科目考试就可以了。听到这一消息我高兴极了。于是，我们一起到丰台区教育局询问考试要求后，购买了考试大纲和考试用书。我选择的专业是应用数学，基础课报名在丰台区教育局，专业基础和专业课则在北京大学。为此，工作之余，我开始第二年 4 月份和 9 月份的考试准备。

这一年冬季，为了保证北京财贸学院 1991 年学生顺利入学，工程处开始计划第二年需要施工的几个配套项目，其中的 $100m^3$ 倒锥壳水塔施工摆到了议事日程。国内倒锥壳水塔水柜施工方法有两种，一种是在水柜下部搭设脚手架，在水柜安装位置上支模、绑扎钢筋、浇筑混凝土，但控制其施工各项精度是个难点，同时一次性占用架料多，摊销成本大；还有一种方法是在地面支模、绑扎钢筋、浇筑混凝土，养护至设计强度后在筒身顶部安装型钢支架，放置液压穿心千斤顶，采用 $\phi = 25mm$ 的圆钢作拉杆，从地面利用液压原理把水柜提升至设计安装位置。这种方法的好处是在地面比较容易控制水柜施工质量，同时节省搭设水柜支架的一部分费用，缺点是 $\phi = 25mm$ 的圆钢在施工过程中需要逐节切割，切割下来的圆钢没法再次利用，只能一次性摊销入工程成本。

这时国内一些建筑技术研究机构开始研究生产 $\phi = 48mm$ 的滑模千斤顶，拟采用 $\phi = 48 \times 3.5mm$ 的冷拔无缝钢管替代 $\phi = 25mm$ 的圆钢作为滑模支杆。这样在滑模施工中可以回收 $\phi = 48 \times 3.5mm$ 钢管作为架管用，从而降低工程施工成本。此时一些厂商已经生产出了样机，但在滑模工程施工中还没有使用过。同样地，倒锥壳水塔水柜提升也没有采用过这种新型千斤顶。为此，中国建筑二局资助了 1 万元科研经费，资助我们采用这种新型千斤顶提升倒锥壳水塔 $100m^3$ 水柜施工技术研究并实践于北京财贸学院工程，研究任务自然落到了我的头上。整个水柜提升重量达 105t，荷载不均匀系数取 1.2，设计动荷载按 $126t$ 控制。

为此，我进行了大量钢结构计算、液压计算和实验模拟，进而完成了整个提升系统，即提升架、吊杆、液压提升系统、吊点和操作工艺设计工作。所设计的提升架采用 16 号槽钢制作三脚架，支撑上下两个环梁，其中上环梁为千斤顶支座，下环梁用于安置提升中的安全保障，以防提升过程中千斤顶打滑；吊杆上焊接 $M30$ 螺栓，采用丝扣连接上下吊杆，以便于在提升过程中安装和拆卸；液压系统选用滑模工程施工中的一种液压控制台、24 个液压穿心千斤顶沿筒身外均匀布置，同时在 23 号吊杆上连接传感器，以测试吊杆应力变化。该项设计最终在北京财贸学院 $100m^3$ 倒锥壳水塔水柜提升中获得成功。经过提升准备、试提升、正常提升和水柜就位等提升工艺，水柜最终就位于设计标高 $31.40m$ 位置，前后一共历时 7 天时间，为国内该项施工技术研究做出了一定贡献。北京财贸学院 $100m^3$ 倒锥壳水塔水柜提升设计最终获得了 1991 年中国建筑二局科技进步二等奖，而当时我中专毕业才三年多

一点，职称也不过是一个技术员而已。我对提升系统设计及其施工进行了总结，这就是 1992 年分别发表在《滑模工程》的“北京财贸学院 $100m^3$ 水柜顶升施工”和《建筑科技》的“北京财贸学院水柜顶升施工”那两篇文章。

倒锥壳水塔的施工，拉开了北京财贸学院一期工程院内给水、排水网工程施工序幕，按照“由深到浅，先污水、再雨水，最后给水”的施工原则，我进行了整体施工计划，编写了施工组织设计并组织实施，从而保证了 1991 年新生开学。

北京财贸学院一期工程施工，使我系统掌握了群体工程施工组织方法。1996 年，应《建筑技术》杂志社长彭圣浩之约，我对北京财贸学院一期工程施工组织进行了总结，这就是后来收录在他主编的《建筑工程施工组织设计实例应用手册》中的“学校一期工程施工组织总设计”。

2010 年，当我再次回到这所学校时，该校已于 1995 年与其它学校合并，更名为首都经贸大学。我的同学告诉我，说我当时苦心设计其提升工艺的学校倒锥壳水塔，已经在 2009 年拆除了，因为那块地需要改作它用。同时，因供水工艺的革新，已经不需要再单独设置一座几十米高的水塔供水，让我再次感受到科技进步的力量。

（四）北京木樨园体校游泳跳水训练房

北京财贸学院 $100m^3$ 倒锥壳水塔施工的成功，使我一跃成为了公司技术骨干。1991 年 10 月，我受命来到了中国建筑二局一公司三处第七施工队任技术队长，由单一一个项目的技术管理发展成同时担负几个项目的技术管理，包括北京木樨园体校游泳跳水训练房、北京市档案馆和中国中医研究院科研业务楼等工程。

北京木樨园体校游泳跳水训练房施工有两个难点，一个是 $50m$ 标准游泳池、$10m$ 跳台跳水池的防渗漏以及水池施工精度；再一个就是位于水池上方长 $62m$，高 $1.5m$（局部高 $2.3m$）的无粘结预应力混凝土大梁。



图 1.4.2 游泳跳水训练房

为保证水池抗渗，设计采用了 3 道防线，一是水池内侧瓷砖下刷一层氰凝防水涂料；二是结构自防水，采用 $C28$ 级参加 UEA 复合膨胀剂的防水混凝土，其抗渗

等级 $\geq B8$；三是水池底部采用 $3:7$ 灰土回填，这当中，最基础的是水池结构抗渗。为此，我查阅了大量资料，并从书店专门买回王铁梦著的《*建筑物的裂缝控制*》一书研读，对大体积混凝土的裂缝控制计算及措施有了较深刻的了解，于是决定从结构裂缝计算和施工措施保证两个方面保证游泳池、跳水池的结构防渗漏。经过结构裂缝计算，我确认几个水池的结构和混凝土自身热量不会导致结构开裂，于是要求工长按照既定的施工计划，完善措施组织施工。

当时，工程处主任工程师采用大体积混凝土裂缝控制计算得出的结论是单纯靠混凝土结构自身热量会导致 $50m$ 标准游泳池结构开裂，很着急。于是把我喊到他的办公室再计算一次。我和他按照计算步骤，共同商量、查找有关系数、参数，花了一个下午时间又重新计算了一遍，表明仅靠混凝土结构自身就足以抵抗其热量导致的开裂，与我此前的计算结果一致，于是决定在措施保证前提下，通知工长准备混凝土浇筑。在施工措施方面，我考虑了一系列的技术措施，包括水池尺寸、模板定位、池底标高控制、混凝土抗渗施工及抗裂，侧温孔布设及监测等措施。第一次浇筑 $-1.68m$ 以下部位的混凝土，包括水池底板和一部分池壁，待其强度达到设计许可强度后组织以上池壁的浇筑。为此，在接槎部位安装了橡胶止水带；同时，为保证其结构抗渗，每次浇筑均需要一次性完成，按照“*分条分块、分层振捣*”的原则，由北向南对称浇筑，及时排放混凝土泌水，进行混凝土养护，确保了游泳池、跳水池的结构自防水施工质量。

水池上方长 $62m$ 的无粘结预应力混凝土大梁施工前，我先行设计了其模板支撑架，采用 $\phi = 48 \times 3.5mm$ 架管搭设立杆间距 $600mm \times 800mm$，步距 $1200mm$ 的支撑架并进行了结构计算，确认支撑架满足施工要求。无粘结预应力混凝土梁有一个施工关键之处，就是要确保无粘结预应力筋的摆放位置准确，不能因混凝土浇筑移动其位置。为此，我要求工长按照设计曲线进行放样，在大梁上每隔 1 米用钢筋对其进行了位置固定。在混凝土浇筑前，工程处组织的质量检查过程中，主任工程师对该大梁的支撑架提出了疑义，认为架子立杆太稀了，说当时陡河电厂汽轮机基础的厚度与此处的梁高度差不多，支撑架立杆中心间距仅 500mm，步距 600mm，要求我复算一下。我复算后仍认为支撑架是安全的，并向他作了保证。混凝土浇筑过程中，这位老工程师亲自到工地上进行了检查，看到施工安全后才放心。无粘结预应力张拉工作则是在混凝土养护达到张拉强度后组织，采用对称张拉的原则，对梁内无粘结预应力筋编号，逐一进行张拉，以保证预应力张拉不会造成混凝土局部应力过大而受损。

经过北京财贸学院 $100m^3$ 水柜顶升系统设计以及此处 $62m$ 长的无粘结预应力混凝土大梁施工，我已熟知了怎样将力学模型应用于施工技术管理，同时也弄明白

了为什么有的工程师的设计结果保守，原因就在于采用的力学模型不一样。比如模板支撑架设计采用简支梁计算模型，计算方便但十分保守；而采用连续梁计算模型，计算稍微复杂一点但与实际情况比较接近，同时更有利于降低工程施工成本。

北京木樨园体校 $50m$ 标准游泳池的结构防渗漏施工技术，以及其 $62m$ 无粘结预应力混凝土大梁施工技术后来以我和马刚的名义写了两篇论文，分别在《建筑科技》和《建筑技术》上刊发。

1992 年夏天，北京市档案馆工程开工，面对一座高层框架结构，如何降低其工程施工成本摆到了技术人员面前，特别是需要对双立杆外脚手架进行改良，以减少架料摊销费用，提前插入其它工序施工，从而确保施工工期。这一时期，北京市已经有一些施工单位在采用插口架施工技术，只需要两层架料，然后采用倒链葫芦进行提升就可以满足施工工作面要求。但怎样从理论计算到实际操作并没有可以借鉴的经验。

我与施工队几位同事到附近一个工地参观了一次，回来后就想明白它的理论基础，认为插口架技术不过是悬挑梁力学模型的应用。它利用了每层浇筑混凝土过程中预埋的钢筋吊环穿入型钢或直接就用两根架管作支撑，并与混凝土柱子拉接，进而形成一个稳定的力学体系。经过计算，我设计出了北京市档案馆外墙上的插口架，并编制出了施工方案组织工程实施。

1992 年冬季，中国建筑二局组织技术职称评定工作。此时，因中专毕业才满五年，我的职称仍是技术员，连助理工程师都不是。为此，我希望能评上助理工程师。到公司技术科询问，负责此项工作的同事告诉我，说我的助理工程师仅需要填一下表就可以了，不会存在问题。又说公司几位领导正在考虑给近年在技术领域做出突出贡献的三位技术员破格晋升为工程师，我就是其中一个。不过他又说，三个人均破格的可能性不大，估计工程局不会同意，让我有个心理准备，因为我才毕业五年，那两位同事已中专毕业八年了。

这年底回唐山丰润区父母家，我顺便到局副总工程师、《建筑科技》主编李汉民的办公室去了一趟。因完成北京财贸学院 $100m^3$ 水柜顶升系统设计并成功应用、组织北京木樨园体校游泳、跳水训练房和北京市档案馆等工程技术管理，解决了其中一些施工技术难点，我与他很熟悉，他也对我的一些技术工作有一定了解。谈话间谈到了这次技术职称评定，我告诉他公司已帮我申报了职称，让他留意一下，我当时并不知道他是工程局职称评审委员会主任。几个月后我到工程局开会，去他办公室拜访他时，他告诉我，说以为我晋升高级工程师呢，看申报表才知道申报的是工程师，完成的技术创新工作当然满足破格条件。

几年后，直到公司一位同事告诉我，我才知道那次职称评审的一些具体事情。

她说那次职称评审，公司定的原则是“报三争二”，即让那两位同事破格晋升为工程师我作陪衬，因为他们毕业时间比我长三年，同时，给我公司内聘工程师的待遇。可是让一公司经理没想到的是，我在工程局技术领域的名声超过了那两位同事。评审会上，李汉民组织审查了各公司需要破格人员的申报材料后，拿起我的申报材料，主动介绍了我这些年在施工技术创新方面完成的一些主要工作，并认为一公司申报的三位人员中，我的条件满足工程局破格晋升工程师条件，只同意我破格晋升为工程师。听到他的意见，参加评审的公司经理十分着急，因为与参加评审会前公司领导班子既定原则不一致。思前想后，他站起来说：“李总，在他们三个人中毛林繁的技术水平是最差的。如果你认为他满足破格条件，那两位同志也一定满足破格条件。”李汉民说：“毛林繁的技术工作我了解，那两位同志工作也做了不少，但有些差距！”见公司经理为那两位同事力争破格，李汉民最后表示了不再反对。最后，经全体评委投票，我们三个人同时破格晋升为工程师。这件事后来成了公司一些领导的心病。这位经理回到北京后与他人说“不知道毛林繁与工程局领导有什么关系，职称评审会上李总竟直接为他说话”。而实际上，我与李汉民的关系仅是一个普通技术人员与工程局领导的工作关系而已，只不过在过去几年完成的技术工作多，在他主编的《建筑科技》上发表的技术论文多，得到了他的关注而已，我们之间实际上并没有更进一步的交往。如今，这位中国建筑二局在混凝土抗裂技术中颇有造诣的专家已经辞世二十多年了。我个人始终感觉，我在中国建筑二局一公司工作的十多年间，之所以能够在施工技术领域有些建树，特别是后来在北京电力生产调度中心工程中的出色表现，与他和时任一公司总工程师、技术科长的几位同志对我的关怀和支持是分不开的。

这样，1993 年 3 月，在中专毕业五年多一点时，我就与其他一些本科毕业满五年且在技术管理上有一定成绩的同事一起获得了工程师职称。当时技术职称是与工资挂钩的。于是，我的工资从原来的每月 84 元一跃到了工程师的最低工资线 124 元。到了这一年 6 月，通过自学考试，我获得了北京市高等教育自学考试委员会和北京大学联合颁发的应用数学专业专科文凭。

同时在职称、工资和高校文凭三个方面获得收益，特别是工资调成了每月 124 元，使我成了公司内一些人的嫉妒对象。我也是后来才知道，此时国企人员间的内耗、拉帮结派现象已经到了相当严重的程度，稍不注意就会受到来自其他利益群体的打击。而我在这一时期思想还相当单纯，以为只要好好钻研施工技术、能为企业解决技术难题就会受到领导重视和重用，殊不知这时大型国有施工企业正处在转型期，其管理机制、用人机制和分配制度等正处在改革的初级阶段，我的这种想法并不符合转型期人们思潮涌动，进入各种“圈子”求生的做法，这也是造成我最终离

开中国建筑二局一公司的直接原因。

（五）生产技术科

1993 年下半年，公司进行机构改革，将工程处改为分公司并作为一级经济核算单位。1994 年 1 月，我回到了分公司担任生产技术科科长。没有了工地上的喧哗，整天就是开会、纸上谈兵，我反而觉得不习惯了。好在参加每月的施工生产检查还能看到一些工地施工情况。

这时国家已经开始在工程建设领域引入招标投标竞争机制，不过并不规范。当时招标人编制的标底基本上起确定中标人的决定作用，这样，投标人的私下运作就很关键了。那时，封标工作由公司经营科牵头组织，公司技术科和分公司预算科分别编写投标施工组织设计大纲和投标报价文件。经常是在开标前一天夜里十二点以后，才由公司领导拍板定下投标价、工期等关键指标后才能打印全套投标文件，封标工作要干到第二天早上五点左右才能完成，很辛苦。

我这时有一项主要工作，就是配合投标编写施工组织设计大纲，这是我的强项。每次投标，熟悉施工图后一般只需要三天时间就可以按照招标文件的要求，完成施工组织设计大纲的编写工作。这一年，我先后参与了十多个工程的投标工作。

北京冠城园一期工程由韩国人投资建设，投标时间很短，评标指标有投标报价、施工组织设计等内容。拿到施工图后，我仅用了三天就完成了施工组织设计大纲的编写，交给办公室打印了。而工程预算报价则用了十多天才由经营科的几位同事加班加点编制完。她们很羡慕我，说同样的投标工作，我只用三天，而他们则用了十多天，太累了。

开标那天，公司经理带着我和经营科长、分公司经理等几个人一起赶到开发商指定的会议室参加开标会议。参加投标的，记得还有北京建工集团、中国建筑一局的几个公司。开发商在规定的时间组织开标会议。领导讲话后，由开发商一位工作人员拆封，一位唱报价，一位在黑板上记录。唱标结束后，由每个投标人抽签，决定各投标人唱技术标的先后次序。我们抽到了 3 号，即第 3 个唱技术标。当时投标文件的制作水平不一，有的是直接手写的，有的采用油印，而我们的施工组织设计则是采用电脑打印在 16 开纸上。前面两个投标人的施工组织设计，无论是印刷形式，还是唱标效果均不好。我拿出打印好的施工组织设计大纲，按照编制依据、工程概况、施工部署、主要施工方法、主要技术措施的次序，如模板采用钢制定型大模板、楼板采用快拆模支撑体系、混凝土采用自拌混凝土、塔吊垂直运输等主要内容，提纲携领地进行了宣读，结束后，经营科长说几家投标人中，我技术标唱得最好。

这一时期，工程标底是评价投标报价的主要依据，一般投标人都会通过各种手

段拿到最后的标底数值，所以投标报价一般都差不多，而开发商又想把工程交给中国建筑二局一公司来施工，认为这样对房屋销售有好处，因为海外的人一般都知道中国建筑工程总公司。这样，在最后确定中标人过程中，我编写并亲自唱出的施工组织设计大纲就占了优势，这也成了开发商把中标人确定为中国建筑二局一公司的主要依据和理由。

这一年的投标经历，使我初步意识到在有计划的商品经济体制中，招标投标已经在确定承包商过程中发挥一定的作用，而到了社会主义市场经济的今天，无疑它将更加发挥优化市场资源配置的作用。这也是我后来进入招标投标领域研究与实践的一个主要原因。

（六）北京电力生产调度中心

1995 年春节后，中国建筑二局一公司承接到了列入北京市“9511”工程的北京电力生产调度中心基础工程施工任务。公司着眼点在于承揽其后续的结构工程和装修装饰工程施工，所以对整个工程施工组织特别重视，专门抽调了公司几位以施工管理为强项的人员成立了项目经理部，抽调我为项目副总工程师，总工程师则由分公司总工程师担任。这是我施工技术管理达到顶峰的一个项目，也是我所主张的，施工方在建设、设计、监理和施工“四方”中应充分发挥其施工技术领导才能的一个项目。

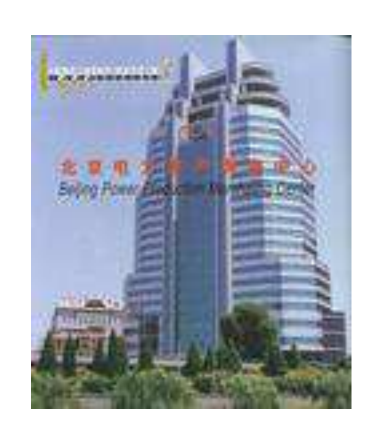


图 1.4.3 北京电力生产调度中心

我到工地后才知道，我们几个人均是在分公司受到排挤但在施工管理上又有一定长处，是“用之不愿，弃之又不舍”的人。正好这时中国建筑工程总公司推行“项目法”施工，公司主要领导想在这个项目管理模式上有些突破，就把这几个人抽调出来组建项目经理部。结果表明，几个人之间的配合是相当融洽的，这也是中国建筑二局一公司在北京完成的第一个“鲁班奖”工程。

几个人春节后就来到了工地。此时工程东面的拆迁工作还没有完成，工程施工手续也在办理过程中，只能进行开工前的一些准备工作，比如，配合建设单位进行临时 10Kv 配电柜的安装工作，我设计了该配电柜的基础以及施工临建用房，完成后交给工人施工。

1995 年 3 月，施工手续全部办妥，可以进行基础施工了。但这时因拆迁工作没有彻底完成，只要工地机械发出声响，附近居民就会出来阻止施工。前后几次，一直到 1995 年 5 月初，在宣武区警察的配合下才开始基坑土方开挖作业。首层土开挖结束后，确定完护坡桩位置，需要组织人工挖孔桩专业队施工。当时项目经理部只有支部书记、项目经理和我三个人，每三天就要轮着值一天夜班，第二天还要照常上班。应监理的要求，在施工总进度控制下，我编了护坡桩施工进度计划。该计划最后一天不差地得以实施。有一次，我坐着工人用来运土的小筐下到了几十米深的桩孔底，检查护壁和桩孔开挖质量，让监理人员惊讶，因为人工挖孔质量基本上是靠工人自己把握，技术人员一般不用下到孔内检查。这也为后来我在建设、设计、监理和施工“*四方*”中统领施工技术打下了基础。

土方开挖预计到 6 月下旬结束，为此需要准备工程结构施工计划，编写施工组织设计，开始结构施工准备。结构施工采用了两座塔吊，一座位于基坑内，在土方开挖过程中已经完成了其基础施工；还有一座位于场内东南角上，与基坑边线不远，需要尽快设计其基础。为此，我选择了井字型桩基础，经过土力学和桩结构计算，选择了桩径、长度、混凝土强度等级，设计了配筋，在基坑开挖结束前进行人工挖桩，完成了该塔吊基础的施工，为后来工程结构施工材料垂直运输打下了基础。

此外，还需要落实结构施工队劳务承包方案。项目经理与一位老工长谈了两天，没谈下来，工作停滞不前。他很着急，正好赶上我值夜班，我说，你让他晚上留下来我再跟他谈一次。晚上，我把他喊到我的办公室，两个人一边喝茶，一边聊天，最后谈到了劳务承包问题。我让他看到大局。同时告诉他，他是我和项目经理两个人从其他工地挑选过来的。每个人一生中遇到这么大的项目可能性是不多的，这次是展现他个人能力的有利机会。如果工作再停滞不前，换成其他人来领导承包队，对他在公司内一生可能都会有影响，劝他回去要三思，不要为了几块钱的承包价格而失去了这次机会。第二天上班，看到他已经在坑底组织工人放线、准备后续施工了。项目经理很感慨，一再问我采用什么方法让他开始有工作积极性。

因基坑开挖出色，以及与建设单位在几个月的密切配合，中国建筑二局一公司在 1995 年 6 月土方开挖结束的同时，顺利承接了该工程结构及装饰装修施工任务。我这时升任总承包方总工程师，负责该工程总承包技术管理。该工程先后有 23 个分包单位参与了工程建设，我们自己则承担工程结构和初装修施工任务。框架柱、

剪力墙模板采用的是竹胶板制作的定型大模板体系，楼板是竹胶板快拆模体系，其设计、绘图均由我个人完成。施工则按照东西两个施工段周转，所以地下室混凝土的施工质量相当好。

北京电力生产调度中心工程十二层以下是华北电力集团公司的办公楼层。该集团公司领导特别关心工程进展情况，晚上散步经常会到工地里看一看。有一天，地下三层几根高 5m 的核心柱浇 C40 混凝土，为保证混凝土浇筑质量，不出现蜂窝麻面等质量缺陷，我下到了地下三层，指挥工人浇筑混凝土。浇到一半时，一个工人下来喊我，说一位华北电力集团公司的领导在我办公室等我。我嘱咐工人几个注意事项后，赶紧回到办公室。一看，原来是集团公司副总经济师、筹建办公室的主任。他问我，为什么浇混凝土我还要亲自下到坑底指挥，让工人干就行了。我告诉他，建筑结构中的一些重要部位的质量是保证工程结构安全的关键，如这一次核心柱浇筑 C40 混凝土。对这些重要部位必须督促施工，从而保证其质量。他对我的这种敬业精神深表认同，也由此加深了相互间的理解与信任。

施工到首层时，因模板多次周转，加之首层高度的变化，工人采用一些旧模板在高出部位拼接，刚度不够，结果造成了混凝土浇筑过程中出现胀模现象。拆模后只得指挥工人把胀出部分剔除。有了这次教训，不得不组织重新加工定型模板以保证施工质量。这样，工程从地上四层开始就采用新的大模板了。

地上结构施工到十四层时，北京市建设委员会组织工程质量大检查，抽签到了北京电力生产调度中心工程。为此，公司、分公司总工程师和负责生产的经理很着急，连续几天到工地督促现场清理、材料堆码、整理技术资料等，有的恨不得住在工地 24 小时看着工人清理。检查前一天，我问清了带队检查的组长姓名，给在建委工作的一位同学打了个电话，让他给带队的打个招呼。他问我工程质量有问题吗，我说没有，主要是想让他们少检查一会，因为工地这几天为迎接检查搞得人心惶惶的。第二天，几位公司领导前呼后拥着检查组来到工地会议室。刚落座，组长就问："哪位是毛林繁？"我进到会议室后，他跟我说："白子跟我说了，我也问了一下监督员，你这干得不错。我们不多耽搁时间，你选一层，我们看一看就行了。"我于是带着他们到十一层看了一下就结束了。几位公司领导很惊奇，不知道我与建委的人是什么关系。

但由于项目经理部几个人是分公司排挤对象，分公司领导并不看好我们几个人。1996 年 7 月底，分公司组织安全生产检查，来到北京电力生产调度中心工程，查出民工夜晚在某个楼层上留下的一处粪便，于是开出对项目经理部领导班子成员没人罚款 200 元的罚单，这个月是工程进度和施工质量最好的一个月，一共完成了四层结构施工。没有得到奖励，换来的却是罚款，项目经理部几个班子成员都想不

通。我实际上已于 1995 年下半年获得了北京大学和北京市高等教育自学考试委员会颁发的应用数学专业本科文凭和理学学士学位，也准备在中国建筑二局一公司长期工作下去了。原以为解决了本科文凭就可以在公司大展宏图了，但这次罚款使我再次想起了原来没有想清楚的一个问题，就是*在国有企业，是不是只要工作出色就可以得到好的评价，得到升迁机会？*看来不是这样，我必须为自己的一生再作出抉择。也正是由于这个原因，使我下决心从 1996 年 9 月份开始准备研究生入学考试。

虽如此，我一直本着“*一件事既然干，就一定要尽 100% 的努力干好*”的原则，在工地上仍尽心做好、指挥好每项工作，以维护好公司的利益。只不过晚上回到家，利用业余时间复习功课，准备研究生入学考试。

1996 年 9 月底工程主体结构施工完，我们开始组织围护结构砌筑工作。这一年 11 月下旬，建设单位开始选择装饰公司，筹建处主任让我陪他去南京考察装饰公司。因对考察路线保密，我们几个随从人员都不了解考察路线，以为南京考察完就能回到北京，结果闹了笑话。11 月下旬的北京已经很冷了，我走的时候穿了两件毛衣，外加一件外套，结果到了南京就感觉热了，于是脱了一件毛衣，等到了上海，感觉实在太热，只好利用晚上去上海百货公司买了一件长袖体恤。谁知下一站是海南，到海口还能对付，可等到了三亚，白天最高温度 31^oC，上海买的衣服也不行了，只好又买了一件面料薄一点的体恤，这样才算勉强跟随筹建处主任完成了考察。同去考察的几个人后来一直把我这件事当成笑谈，说我穿着冬天的衣服跑到了三亚，结果一路走一路买衣服。也正是这一次经历，使我对“*考察*”、“*调研*”等术语有了新的理解，也知道了“*公款旅游*”、“*公款消费*”到底是怎样一回事。





图 1.4.4 南京中山陵留影



图 1.4.5 海南兴隆度假村留影

这时，我在建设、设计、监理和施工“*四方*”中有着较高威望，每周一次的“*四方*”生产调度会议由我牵头主持召开。开完会后，由我根据记录整理，然后交付打印，再分发给参会单位实施。监理公司派到工地上的几位监理工程师就在我隔壁办公，他们实际上也成了我在工程质量管理方面的有力助手。检查出施工问题，往往

先听取我的意见，再按我的意见去处理。1996 年冬天，我们开始组织该工程西北角上地下变电站施工。一天，一位监理工程师告诉我，有一面墙的钢筋整体发生了几厘米的移位，怀疑是模板刚度不够，而工人仅是草率处理了一下就开始支模板，准备浇筑上部混凝土。他让我去看一下，出个处理意见让工人处理好就可以了。听完他的话，我赶紧下到基坑察看，果真如他所说。我把当班的工长喊到办公室狠狠批评了一顿，让他赶紧组织工人把模板拆下来。随后，经过钢结构计算后，我画了一份示意图，让他们在移位的位置加焊 $12mm$ 厚的钢板，同时规定了焊缝长度。处理完后，我亲自组织了检查，确认没有问题后，告诉监理工程师去看一看。他说："不用了，我相信你。" 监理工程师中有一位 60 多岁的老工程师叫魏振东，一段时间与项目总监关系不太好，因为他对一些问题太认真了，但他跟我的关系很好。有一天，他告诉我要离开工地，准备回家养老了。我问清了原因，然后问他愿意不愿意去中咨建设监理公司一个工地当监理，因为此前该公司一位项目总监来工地找过我，希望我跟他一起干监理，但我这时的心思在考研究生、离开工地，所以没答应他。这位老工程师听我说后，满口答应去试一试。几天后，我带着他来到了中咨建设监理公司给他作了引荐，并去了一个工程任副总监。这个工程就是中国法学会科研业务楼，当时还处在工程前期准备，因为现场拆迁和施工图还没有完成。他也成了我后来在北方交通大学攻读博士学位期间在中国法学会基建办公室任技术顾问、总工程师的先期铺垫。



图 1.4.6 北京电力生产调度中心外幕墙边留影

装饰施工期间，建设单位直接指定了空调加工及安装单位。仗着与建设单位的关系，这家公司不听从总承包单位的统一管理，一直我行我素。生产调度跟我汇报后，我告诉他不用着急，有办法处理。一天，我在工程内检查施工情况，走到首层时，工长告诉我这家公司在首层楼板上新开了一个 $1.2m \times 1.8m$ 的洞，我问工长，我们是不是没按图纸给他预留管道洞口，他说留了，位置和尺寸按图纸预留的，没问题。他带着我看了一下这家公司新开的管道洞口，钢筋切断了不少。正好这一天由我组织"四方"生产调度会议，结构设计负责人到工地后，让我陪她上工作面看一看施工情况。走到首层时，我特地带她到空调安装公司新开的洞口处看了一下，并告诉她我们按设计预留的孔洞在什么地方，安装单位加宽了多少，割断了多少根楼

板钢筋等。她很着急，问我为什么不制止他们施工。我告诉她，这家公司是建设单位指定的，牛气，根本就不服从总包单位的管理。生产调度会上，这位结构工程师很不客气地批评这家空调安装公司，说这家公司"跟谁也不打招呼，在楼板上开了那么大一个洞，切断了那么多钢筋，至少需要跟设计打个招呼，服从总包的统一管理。这不乱套了吗！我是没有办法保证那块楼板的结构安全了，让他们自己想办法吧！"听到结构设计负责人这样的话，总监理工程师在会上直接下达了空调工程停工 15 天，同时要求这家公司写出深刻检查的监理令。受到处罚后，这家公司多方托人打听，才知道是因为不服总包单位管理所致。这以后，这家公司再也不敢不按总承包指令行事了。

1997 年秋天，建设单位直接指定了工程上的装饰门、防火门由杭州某防火门厂加工，同时要求各装饰公司与该厂按照指定的价格签订供货合同。签完合同后，这家防火门厂与各装饰公司的配合一直不是很好，好几家装饰公司跑来向我告状，我进行调解后，有一点改观但效果一直不理想。这年冬天，为保证冬季施工，建设单位组织热力公司提前供暖，楼内温度近 30^oC。第二年开春，冬天安装的一些门出现变形。让这家防火门厂到工地处理，这家防火门厂说是冬天供暖，室内温度太高所致，不是厂里加工的问题，不愿意处理。我只好组织各装饰公司进行修理。有一樘门变形实在太大，无法修理，工长就让人把门上的面板去掉，结果发现门芯加工采用的是带着树皮的板材，于是就让工人抬到我的办公室。我看后十分生气，便拿出一张公文纸随手写下一道指令，通知所有装饰公司，在防火门问题处理完之前，没有我的指令不准向这家防火门厂支付任何费用。这下这家防火门厂着急了，来人找我疏通关系。我说，你先拿出方案，把此前供应的所有门换下来，同时新加工的门须满足国家标准，经现场验收合格后才能下达付费指令。这家防火门厂只得同意将所有门换下来，同时在厂内加强材料质量管理。半个月后，这家防火门厂通过建设单位邀请监理、总包单位到杭州检查门的加工质量，确认加工工艺合格后，我才陆续签出同意向其支付费用的指令。

该工程于 1998 年 7 月竣工，先后组织了建设、设计、监理和施工"四方"验收和北京市质量监督总站的核验，均一次验收合格，质量等级评定为优良，为后来该工程评为"鲁班奖"项目打下了坚实的基础。这年 9 月份，我获知考取了北方交通大学交通运输学院的博士研究生，于是开始了"边攻读学位、边打工"的准备。利用空闲，我也认真思索这十多年在这家公司的得失，为下一步做好铺垫。

四、中国法学会基建管理

中国法学会科研业务楼工程于 1997 年立项，该学会基建领导先后 2 次到北京

电力生产调度中心工程考察，与我也逐渐熟悉，并 2 次邀请我参加了该工程的设计方案论证会。我的那种“率直求真、务实”态度，给中国法学会基建领导留下较深影响。他们不懂工程建设管理，希望找一位懂工程建设的工程师。正好此前我推荐到中咨建设监理公司的魏振东老工程师作为监理代表，为这个工程前期准备作了不少工作，在中国法学会基建办公室有较好的影响。他们商量后一致同意聘请我为中国法学会基建办公室的技术顾问兼总工程师。我这时已经知道考上了北方交通大学的博士研究生，只不过录取通知书还没有发下来。所以，我实际上是在 1998 年秋天就开始为中国法学会科研业务楼的建设做工作，只不过当时工程还处在对施工单位考察、招标投标阶段，不用我天天去工地。

1998 年 12 月，我收到了北方交通大学博士研究生入学通知书，上面注明是在职培养，即需要所在单位支付三年共计 25500 元的培养费，同时提供我学习期间生活费用。但当我拿着入学通知书去公司干部科盖章时，他们扣下了入学通知书，说要经几位公司领导研究一下才能决定盖不盖章。我很着急，心想实在不行就辞职。几天后的一天，干部科通知我去办手续，但要求我先签一个《职工自费脱产学习协议书》后才能盖章，否则不能去学习。该协议书上注明了公司不承担我攻读博士学位期间的任何费用，不提供生活费或补贴，所有学习期间费用由个人承担等事项。几年来，因一心想去攻读博士学位而摆脱在国企各种圈子的困境，我毫不犹豫地在协议书上签下了自己名字，因为改变人生命运的前提是提高能力，而进入高校攻读博士学位无疑是最有效途径。最近一些年我也不时反思，如当时公司为我提供了所有求学费用，博士毕业我还能离开该公司吗?我想，这正是“福兮祸所倚，祸兮福所伏”的哲学道理。

攻读博士学位的第一年基础课多，好在我不用天天去中国法学会工地，一周去个 2-3 次把问题解决就行。这使得我可以顺利完成博士研究生第一年的基础课学习。后来，即 2004 年，中国法学会的一些领导想在原工程基础上引入资金再增建四层，让我帮忙决策。我从档案室调出几年前该办公楼所有技术资料，发现当时设计变更、验收记录等均是我代表建设单位签的字。

我到工地上时，一般先上工作面检查一下进度和质量，然后向监理公司和施工单位分别交待一些注意事项，再与基建办公室的同志商量一下后续事情就可了，工作不算紧张。该工程基础按六层设计，但一期仅建设地上四层，后两层是为二次续建准备的。顶层楼板浇筑混凝土时，设计、施工均没有考虑顶层柱子主筋抗震封闭问题，质量监督站同志发现后，要求工地停工整改。为此，我按照一般工程停缓建对柱子的保护方法，出具了一份整改方案，由设计、施工签字后执行。

该工程装饰施工前，基建办主任与我一起确定了装饰工程中的几件事，然后给

法学会会长打了一个报告，请求其尽快定下来，以便工程顺利进入装饰施工。不几天，会长就批示下来了。基建办主任高兴地跟我说，以往给会长报告事项，报三件能有一件得到认可就不错了，这一次一共上报了八件事，只不过在开头写了一句“与毛林繁工程师商定了以下事项”这样一句话，结果会长就全批准了。他说：“会长很尊重你的意见”。为强调法律庄重和严肃性，学会会长曾提出首层大厅地面和墙面饰面全部采用黑色花岗岩。基建办主任和学会其他几位同志向会长进言，得到的答复是“你们不懂！”于是再没人敢进言了。基建办主任建议我以专家、顾问身份，再跟会长建议一下。几天后的一个下午，会长到工地检查工作，我一边陪会长看工地，一边与他交谈。我问他是否看过影片“真实的谎言”，他说看过。我说“里面有一个镜头，就是两个特工进入一个士兵持枪把守的房间，地面上写着美国国防部几个大字，那间屋子就是采用黑颜色装饰的地面和墙面。”我接着告诉他，建筑室内装饰采用黑颜色时需要谨慎，一般用于私密性高、特别严肃的地方，因为其装饰效果会给人带来压抑，而法学会作为一个学术性人民团体，在装饰风格上，应更多地让人感到亲切与学术自由。会长听明白了我的意思，走时向基建办主任交待说：“首层大厅的装饰风格你和专家讨论后定吧，我不坚持了！”

正因为在法学会科研业务楼的基建管理工作，使我在国务院机关事务管理局内有一定名声，也才使得我后来工作的那家招标公司顺利承接了一座国务院部委办公楼建设项目管理，因为那个项目的建设单位向国管局了解后，提出了“须让毛林繁来负责这个项目管理”的条件。

五、招标代理之路

中国法学会科研业务楼于 1999 年底竣工，随后又改造了北面一栋原有的 2 层小楼。2000 年 5 月的一天，偶然听基建办一位副主任说起了国家计委要成立一家招标公司。我于是托她介绍去这家招标公司工作。这位副主任告诉我可以一直留在法学会工作，说虽然学会基建办准备撤销并辞退几位同志，但我的工作关系已转到学会办公室。我告诉他，我不喜欢闲着，因为科研业务楼及北面 2 层小楼加固已竣工。通过她的引荐，在向该公司总经理介绍了我的工作经历后，我顺利来到了这家公司任项目经理，当时这家公司还在金融街通泰大厦办公，总部的员工加在一起也不过 30 多人。

我这时攻读博士学位进入第二年，已经进入专业课学习。每周仅周五下午参加导师组织的一个学术讨论班就可以了，剩下的是自己学习导师及国外一些学者的几本英文专著，去图书馆查阅文献为毕业论文做准备，时间上较自由，这也使得我有足够时间在这家招标公司从事业务工作了。

招标代理是一种政策性很强的民事代理行为，其规章、地方性法规和规范性文件特别多，对项目经理法律法规和政策水平也有着较高要求。刚到这家招标公司时，公司总经理送我一套他参与编写的《中华人民共和国招标投标法全书》，我学习了它的主要内容，以及 2000 年国家计委颁布的一些部令和联合部门规章。由于此前从事过十多年的施工管理，同时又参与过投标，所以掌握招标投标的法规对我来说不是一件难事。我个人则更是结合招标代理工作，通过实践对有关条款的内涵和外延多次反思、对比和分析，以加深掌握。这也是我这些年可以深入浅出地讲解招标投标法律法规的一个主要原因。而多年的工程管理实践，也使得我来公司一个月就在工程招标方面崭露了头角，并代表招标人参与一些工程招标项目的评标活动。

2001 年公司承接了某部委办公楼工程，安排我负责该工程施工招标。因这个部委在国内的特殊地位，公司几位领导一再嘱咐我要不遗余力地把这个项目做好。为此，一个多月的时间里，我常需要向该部委办公楼建设管理办公室有关领导汇报，与他们的工作人员一起讨论招标文件的主要条款。一次，该部办公楼建设管理办公室主任问我，工程施工招标时，能不能对正在进行基坑施工的单位照顾一下，比如在评分标准中给他先加 2 分，还说部领导几次来工地检查都表彰该基坑施工单位。我说，只要他提出来给这个单位加分，估计别人不会反对，但违反了法律中的“公平、公正”原则，此时如果有投标人投诉就会造成招标失败，因这种行为属于采用不合理条件倾向该施工单位。听我这样说，他认为有道理，于是改变了想在招标文件中为这个单位单独加分要求。

一天上午，我拿着该部邀请的八个施工单位投标的函件和招标文件在行政监督机构办理完备案，刚回到办公室，该部办公楼建设管理办公室的一位同志来电话，说他们刚刚收到国家安全部一份安审文件，对他们邀请投标的八个施工单位进行了安全审查，其中有三个单位安全审查不合格，需重新办理备案手续。这天下午，我让办公楼建设管理办公室一位副主任拿着安全部这份文件的复印件跟我一起去行政监督机构办理备案。快出该部大门口时，我突然想起安全部这份文件上有一段话似乎不妥，因为它除了说三个单位安审不合格外，还对另一个单位大加赞美之词，这不是安审文件应该做的，如果流传到社会上会造成不良影响。我问这位副主任，机关里有没有机密印章，最好能在这份复印件上加盖“机密”二字。他回到办公室加盖机密章后随我一起去行政监督机构办备案手续，将这份加盖“机密”二字的文件向负责备案人员出示了一下就收回来了。该部办公楼施工招标结束两个月后的一天，办公楼建设管理办公室主任请我吃饭，正好国家安全部起草这份文件的处长也在场，我向他提及此事，他一再对我表示感谢，认为我的谨慎弥补了他们工作的疏忽。

该工程评标时，办公楼建设管理办公室主任受部长委托，评标前先向评标委员

会成员介绍了五个投标单位基本情况，并希望在同等条件下，工程能由某施工企业承建。他讲完话后，我赶紧进行了更正，并告诉评标委员会："他的话不能作为评标依据，需依法按招标文件中的评标标准和方法对投标文件进行评审和比较。"这次评标，施工组织设计采用的是暗标，即其中不允许出现投标人名称（否则直接否决），封面上投标人的名称也已经用纸封上而采用不同编号标识。有一位专家完成了评审后，主动将他的评审结果让我看一看，并问我，他这里排名第一的 3 号投标是不是建设单位想要的那个投标人，我点了点头。这位专家随后将评审表交给了工作人员。这一直是我所提倡的，就是招标人希望中标的投标人必须是经评标委员会一次评审最优的投标人。

招标代理受招标人委托，多站在委托人的角度思考问题，替委托人着想是天经地义的事，但这并不意味着可以没有原则的做任何事。而这当中，依法履行委托代理职责实际上是保护委托人利益的最佳途径。许多时候，委托人提出一些违法违规的要求让代理人实施，常常是因为他们不知道后果的严重性。这时，只要讲清楚，大多数委托人都不会坚持己见。北京某制衣厂加工车间工程施工招标，招标人确定中标人后与中标人进行商议，要求中标人把土方开挖、防水工程等项目转交由招标人另行发包，中标人不同意。最后，在招标人许诺在中标价基础上增加 100 万元的条件下，中标人同意了招标人的要求并写下补充协议由双方签字盖章。我到该厂办理招标后续事情时，厂长把双方签订的补充协议给我看，我立刻意识到了问题的严重性，告诉她这种行为违法，说"即便在履行合同过程中不会出现问题，但万一哪一天你升职或是离任，一定会有离任审计。那时审计人员会发现你在加工车间项目上多支付了中标人 100 万，会让审计人员产生疑问，会直接怀疑你在这个项目上受贿。"厂长听后也意识到问题的严重性，问我怎么办。我说："把所有发出去的补充协议全部收回销毁！那几个项目让中标人去分包，你希望指定的单位可以参与其竞争。"厂长最后采纳了我的建议，也由此加深了彼此信任。

招标代理过程中，依法操作、依法办理招标文件备案是获得行政监督部门信任，进而缩短备案时间、保证招标进度的唯一途径。一次，在完成了一所学校扩建工程监理招标后，行政监督部门的主任跟我说："我还以为你会找我办理提前开标手续呢，结果是发放招标文件 20 天以后才按文件约定时间开标。"他又告诉我，当地工程监理招标一般 10 天左右就可以通过关系申请开标，他们还不得不批准。通过这次工程监理招标，他对我有着格外好感，认为我是一个依法办事的人。后来该工程施工招标公布评标结果后，一些没中标的投标人围着我，不让我走，一定要让我解释清他们没列为中标候选人的原因。我解释说评标委员会没有推荐他们为中标候选人，这些人不干，怀疑有人在操作这次评标活动。于是，在行政监督部门的办公室

外围着，不让我回到住处，正是这位主任帮我解了围。是他及时给当地派出所打电话，派警察制止了这些人的闹事行为。

有一次，一个政府投资项目招标，地方行政监督部门一位领导接到上级授意，想告诉某投标人评标专家名单，给我打电话。我这时已是公司副总工程师、专家办主任。我心想，评标专家是在行政监督部门组建的评标专家库中抽取的，要告诉也是他们直接告诉投标人就可以了，为什么还要绕道找我？就直接问他。他告诉我，他们那里抽出的评标专家，在评标开始 30 分钟以前是无法知道的，提前打开系统后台，这一次抽取的专家也就作废了，因为专家抽取系统设计时采用了防止任何人提前知晓专家名单的设计。他建议说："你打个申请报告，要求从你们公司评标专家库中抽取评标专家，我批一下，我们就知道专家名单了。"我说："可以！不过由于是你批的，事后如果有人投诉，别人会说你在违法操作这个项目，因为国家发改委第 29 号令明确规定，政府投资项目的评标专家只能来源于政府有关部门组建的评标专家库。这样做会给你从政带来一定的仕途风险。"这位领导听后对我说"老毛，谢谢！我明白了。"该项目评标后，这个投标人并没有中标，表明这位领导并没有向这个投标人透露专家名单。该领导离任前一天我到他的办公室去看他，同时祝贺他安全离任，因为曾有好几个人在他这个位置上出了事。

这些年，我一直喜欢告诫一些从事招标代理的朋友，"打铁还需自身硬！"熟知招标投标法律法规、提高自身业务素质、恪守职业道德是做好招标代理业务的首要条件。一些从业人员因自身素质不硬，总认为只要是招标人的要求就一定要体现在招标文件中，总认为只要是行政监督人员提出的条件就一定要遵守，这种盲从有害于招标代理事业发展，也助长了外界那种"招标代理是腐败温床"的论调。殊不知，这当中的一个重要环节就是对这些要求、条件是否合法自身先行判断，进而才能决定是否采纳他们的要求或条件，这是每个招标采购从业人员需牢记的。

六、行业协会管理

2002 年 6 月，我获得了北方交通大学工学博士学位，并得到了在中国科学院从事博士后研究的机会。好在博士后研究在时间上自己可以做主，所以研究之余仍在国家计委这家招标公司工作。我这时已经从业务部门调到了专家办任主任，专门从事招标投标政策研究，指导项目经理规范操作业务等。2003 年 1 月，我为公司项目经理作了"工程施工招标讲座"，这是我第一次为从业人员进行职业培训。虽然经验不足，但此后这家公司每年的业务培训，都是由我和专家办其他几位同志承担的，我主讲"工程施工招标技巧与案例分析"一门课。这份讲义后来经进一步整理在美国一家出版社出版，成了该公司业务培训教材，这就是 2006 年我的《中国工程建设

项目施工招标技巧与案例分析》那本书。

2004 年夏天，建设部市场司一位处长给公司总工程师打电话，说建设部一家培训机构在京举办一个招标投标业务研讨会，希望找个人专门讲讲《招标投标法》。公司几位领导都很忙，便安排我去讲 2 个小时课。这是我第一次为招标投标从业人员及监管机构讲授法律课。我的讲义准备了好几天，并事先对法律中需要注意的条款、事项进行了标注。如果站在今天的角度看待那次讲课，那次授课实际上很肤浅，不过是把条款规定内容稍加阐述而已，但却得到了与会者的热烈鼓掌。这也说明当时《招标投标法》宣贯工作还仅停留在一些法律规定的学习与理解层面。

这次招标投标研讨会以后，许多从事这方面培训的同志也知道了我，并邀请我为一些业务培训班授课。我这时采用的是我为公司项目经理业务培训编写的教材，即《中国工程建设施工招标技巧与案例分析》一书，结合招标投标法律法规和工程设计、监理、施工和货物采购讲授 1-1.5 天时间。

2005 年，国家发展改革委为规范工程领域招标投标行为，组织编写中国的 FIDIC 体系文件，即 2007 年颁布的《中华人民共和国标准施工招标资格预审文件》和《中华人民共和国标准施工招标文件》。他们找了几个人先行编写了一份初稿，然后组织一些业内专家审议。我在那次审议会上提出了长达 11 页的修改建议。国家发展改革委后来直接要求我参与这两份标准文件编写工作，并成了这两份文件及其配套使用指南的主要编写专家。两份标准文件于 2007 年经国家九部委局联合发文颁布。我这时突然意识到，把个人对招标投标法律法规的理解和实践经验传授给从业人员，同时，组织招标投标标准、规范、规程编写，对于整个招标投标行业发展无疑会起到规范和促进作用。于是，我在 2007 年底辞去了招标公司工作，与一家招标投标行业协会联系，并于 2008 年新年伊始正式成为该协会一名工作人员，并于三个月后担任其副秘书长。

2008 年初，国家发展改革委在发展改革、建设、交通、水利、铁道等 9 个部委局中筹划这两份标准文件的宣贯会议，找几位编制专家分工试讲，我与另外一位同志负责资格预审文件的宣讲。试讲过程中，发现与我一起负责资格预审文件的那位同志讲得很好，而他们安排讲解“投标人须知”、“评标办法”两章的同志实践经验稍差一些，不能完整展现标准文件宗旨。我建议这两章他们换个人讲，以免达不到宣贯目的。国家发展改革委的同志也认为“投标人须知”讲得不好，他们建议这一章由我来讲，而这正是我的长处，因为“投标人须知”实际上是法律结合工程施工特点的一套招标投标程序性规定。我依据招标投标法律、法规规定，对“投标人须知”的条文结合大量实际操作案例进行了深入浅出的讲解，受到了与会者普遍欢迎。

正是这一次讲座，使我在招标投标行业内的声誉得到了极大提高。宁波市公共

资源交易工作管委会办公室也想举办一次标准文件培训班，向参加标准文件宣贯会议的宁波市发展改革委几位同志征询意见，结果他们众口一词地建议“请毛博士主讲”，因为他们认为我的讲座比较结合实际工作，符合听众口味。应他们要求，我为培训班讲解了资格预审文件、招标文件。下课后，一些学员还一再向宁波市交管办同志追问，问他们从哪里找的老师，“他对招标投标工作太熟悉了！”一再表示这次培训对他们的工作有指导意义。

为配合国家发展改革委组建全国综合评标专家库，需要对国内招标项目的技术、经济专家进行专业分类，以满足建库和实际评标专家抽取。评标专家专业带有一定的综合性，与高等学校专业、国民经济统计专业设置等均不同，需依据评标特点，以及专家来源进行分类。为此，2008 年下半年，受国家发展改革委委托，我承担了《评标专家专业分类标准》的编写工作。我按照工程、货物和服务三个一级类别，参照国家对不同投标人颁发的市场准入许可，各种资格、资质证书，以及国民经济统计、高等学校专业设置和地方已有评标专家库专业分类，结合评标特点进行综合后完成了《评标专家专业分类标准》初稿。该分类标准经国家发展改革委向国务院有关部门、地方招标投标管理机构和央企多次征求意见并修改完善后，由国家发展改革委、财政部等十个部委局于 2010 年 7 月向社会正式公布，配套颁发了使用指南，成为指导综合评标专家库建设和评标专家专业抽取的第一份联合部门规章，也第一次阐述清了《招标投标法》第三十七条中的“有关技术、经济等方面的专家”的内涵。

与此同时，国家人社部已经批准了建立招标采购人员职业水平评价制度，设置了四门考试课程，分别是《招标投标法律法规与政策》、《招标采购专业实务》、《项目管理与招标采购》和《招标采购案例分析》。为此，一段时间组织编写考试大纲及考试辅导教材就成了协会首要任务。我本是参与《项目管理与招标采购》考试大纲和辅导教材编写组的，后因几乎所有人都认为《招标采购案例分析》是四科教材中最难的一本，于是我主动调到《招标采购案例分析》教材编写组并担任副主编，但实际承担的是执笔人角色，因为教材内容的先后次序、章节设置、打字、排版等都由我承担，特别值得一提的是，教材中占到 120 多页的案例分析是由我本人直接编写，其他同志提供的案例分析也是由我亲自改写、校对和录入的。招标采购人员职业水平考试辅导教材于 2009 年上半年由中国计划出版社出版，《招标采购案例分析》受到了社会普遍好评，认为其条理清楚，逻辑性强，许多案例对于规范实际招标投标工作具有一定的指导意义。特别值得一提的是，宁波市公共资源交易管理办公室曾指定《招标采购案例分析》为其工作人员必备的学习书目以规范交易管理。

为规范招标投标活动，《招标投标法》对招标采购行为进行了系统指导和约束，

但对投标人和评标委员会，特别是投标人的投标行为，除行为约束外，并没有给出进一步的投标指导，这不能不说是《招标投标法》的一个缺陷，因为规范招标投标活动需同时对招标人、投标人和评标委员会的行为给以指导以实现招标投标经济宗旨，同时规范其行为。对此，我个人的观点是:行政监督部门的工作重点是当事人怎样的行为就违反了法律规定，而行业协会的工作重点则是在法律约束下，告知当事人应当怎样规范操作才能实现采购宗旨。这种观点后来体现在国务院 2011 年颁布的《招标投标法实施条例》第八十三条，即“招标投标协会按照依法制定的章程开展活动，加强行业自律与服务”，迫切需要从行业自律出发，颁布招标投标行业标准、规范和规程。为此，在得到当时常务副会长同意，我用了三个多月时间，编制完成《中国招标投标行业工作规程》，其中，包括了招标人工作规程、招标代理机构工作规程、投标人工作规程和评标委员会工作规程，在法律基础上，对招标、投标和评标行为给以指导。该规程先后在网上征求了两次意见，同时，还多次组织专家对规程进行进一步修改，历时两年多。但遗憾的是，该协会与招标投标协调、指导部门协商未果，该工作规程最终也没能对外正式公布，不过其中一些内容，特别是挂在网上征求意见的第二稿已经对行业发展产生了深远影响。一些地方招标投标管理部门曾在第二次征求意见稿基础上，结合其地方招标投标工作特点颁布了地方招标投标工作规程，该协会也在国务院简政放权精神影响下，针对招标代理行为于 2015 年颁布了《招标代理工作规范》，指导招标代理规范发展。

招标采购专业人才短缺一直制约着招标投标行业的发展，招标采购人员职业水平评价仅是从工作出发解决了从业人员最低水平问题，并没有系统解决人才培养问题。那么，如何从根本上解决这一人才培养问题呢？2010 年初，在中国建筑文化中心李吉祥的建议下，我组织该协会与北京建筑工程学院（现为北京建筑大学）签署了《合作框架协议书》，双方一致同意在该校公共事业管理专业本科生人才培养上设置招标采购方向，包括课程、实践和教学内容设置，教学和专业师资培养，专业实习与专业技能确认等方面进行全方位合作。当时，国内还没有一所高等学校针对招标采购开展过本科生培养。为此，我与该校负责专业筹建的同志在北京、天津等地对一些高等学校、招标代理机构展开调研，共同完成了培养计划，并牵头组织招标采购专业教材的编写工作。招标采购属于法律约束多、实践性强、社会较敏感的一类工作。组织职业水平评价较容易，因为考试仅检验知其然，但在学校教学生则不易，因为学校教育需要教导学生知其然，更需要教导学生知其所以然。但在社会上已出版的招标投标书籍中，大多是经验总结，没有一本讲授招标采购基础理论的。为此，我主动承担了其中的《招标采购理论基础》一科教材编写。我结合经济学中的消费选择理论、运筹学、博弈论、决策论、多元统计分析、可靠性分析等既有理论

和方法，本着教导学生“知其然知其所以然”的出发点，对市场经济、招标采购基础、非招标采购基础、采购经济选择理论、招标采购目标因素、目标因素排序理论、招标采购博弈和中标结果可信分析等进行了深入浅出的阐释，初步构建了招标采购理论基础。《招标采购理论基础》于 2013 年由中国建筑工业出版社出版，成为国内第一本讲授招标采购经济学的高校试用教材。

2013 年下半年，四川省建设工程造价总站筹办《招标与投标》期刊，想聘国内工程造价领域素有奠基人之称的天津理工大学管理学院尹贻林教授担任杂志编委会主任。不想与他联系，他认为我出任杂志编委会主任较好，因我对招标投标活动及管理更熟悉，于是他向总站领导推荐了我。应杂志主管领导邀请，我接受了该职位，因为招标采购中有大量的基础性工作需要研究，其研究成果也需告知业内知晓。这时，《招标采购理论基础》已经交付出版社印刷，而招标投标中的一些基本关系、经济择优、风险防范等需要进一步研究，以完善具有中国特色的招标采购理论。为此，2013-2014 年，我以微观经济学、项目管理和数学优化等为基础，对招标采购基础性理论展开了进一步深入研究，在《招标与投标》上“高端视角”栏目发表了一系列文章，例如，“招标采购经济效用及择优分析” “招标采购六大关系”、“招标采购项目风险分析与控制”等，在业内产生较大反响。

我个人始终把数学研究作为个人志向，而把从事经济管理作为辅助手段，看作是从事数学研究的经济支柱，不想却在两个领域同时获得了丰收。这当中“诚信做人、本分做事”是根本，而不时否定自我，及时调整个人的人生轨迹向更高目标迈进，则是我能够从一个建筑工人发展到如今，进而体验人生的途径和方法。

实际上，教育的核心在于主体“育”和客体“学”，这当中的育指“育德和素质培养”，是中国几千年人才培养的核心，但培养途径有两种。一是经大学先行储备知识，再应用于实践，属“先认识，再实践再认识”；另一种是先经社会实践，再由实践需求吸取前人知识，属“实践认识，再实践再认识”，两者都是人才培养，但后者一定程度上却让国人忽略，殊不知，无论哪种培养模式，最终需归结到“实践认识，再实践再认识”，并伴随人的一生。孔子在其七十多岁时总结自己一生时说：“吾十有五而有志于学，三十而立，四十而不惑，五十而知天命，六十而耳顺，七十而从心所欲，不逾矩。”我想，这实际上是我们每个人的人生写照。同时，这也是我们每个人的成长规律，需要引起教育工作者重视，因为人才培养与储备是国家发展的未来与希望。

傅氏级数、拉氏变换及 RMI 原则

傅里叶级数和拉普拉斯变换的研究中，充分显示了一些重要的数学思想。将一个函数展成一函数项无穷级数，通过研究级数的性质得到函数的性质，这是无穷级数论中研究函数的基本思想。而傅里叶级数运用了这一思想。利用三角函数系：$1, \cos x, \sin x,\ \cos 2x, \sin 2x, \cdots, \cos nx, \sin nx, \cdots$ 的正交性将周期函数 $f(x)$（设周期为 2π，不是 2π 时，可以引进代换化成这种情况）按公式：

$$a_0 = \frac{1}{\pi}\int_{-\pi}^{\pi} f(x)dx, \quad a_k = \frac{1}{\pi}\int_{-\pi}^{\pi} f(x)\cos kxdx,$$

$$b_k = \frac{1}{\pi}\int_{-\pi}^{\pi} f(x)\sin kxdx, \quad (k = 1, 2, 3, \cdots)$$

展成了无穷级数：

$$\frac{a_0}{2} + \sum_{k=1}^{\infty}(a_k \cos kx + b_k \sin kx).$$

对于非周期函数可以采用一种拓广函数定义的方法，变成周期函数，从而亦可以展成傅氏级数。所谓拓广函数的定义，简言之就是：对定义与 $[a, b]$ 上的非周期函数 $F(x)$，重新定义一个函数 $F*(x)$，使得对任意 $x \in [a, b]$，都有 $F*(x) = F(x)$，而 $F*(x)$ 是定义域全数轴上的，以 $(b - a)$ 为周期的函数。

例 1[3] 要在 $[-\pi, \pi]$ 上将 $f(x) = x^2$ 展开为傅氏级数，我们可以先拓广 $f(x)$ 的定义：

$$f*(x) = \begin{cases} x^2, & x \in [-\pi, \pi], \\ (x - 2k\pi)^2, & x \notin [-\pi, \pi], \end{cases}$$

这里，k 是整数，使得 $|x - 2k\pi| \le \pi$，则 $f*(x)$ 是以 2π 为周期的周期函数，其图像见图 1.5.1。

---

[1]《中专数学研究》，1（1985）

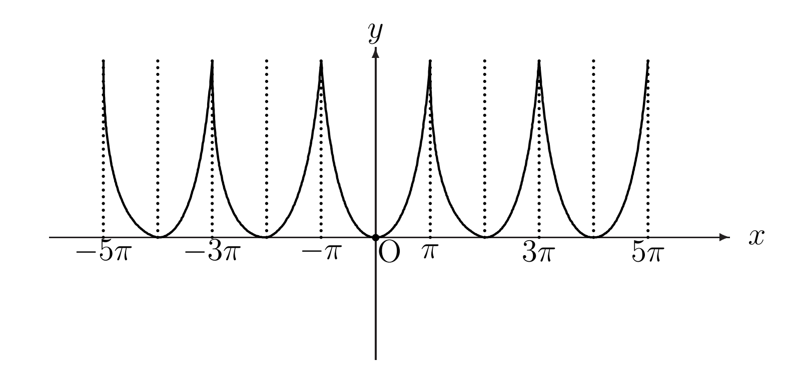


图 1.5.1

这样，我们可以将 $f*(x)$ 在全实轴上展成傅里叶级数：

$$a_0=\frac{1}{\pi}\int_{-\pi}^{\pi}f*(x)dx=\frac{1}{\pi}\int_{-\pi}^{\pi}x^2dx=\frac{2}{3}\pi^2,$$

$$a_n=\frac{1}{\pi}\int_{-\pi}^{\pi}f*(x)\cos nxdx=\frac{1}{\pi}\int_{-\pi}^{\pi}x^2\cos nxdx=4\times\frac{(-1)^n}{n^2},$$

$$b_n=\frac{1}{\pi}\int_{-\pi}^{\pi}f*(x)\sin nxdx=\frac{1}{\pi}\int_{-\pi}^{\pi}x^2\sin nxdx=0.$$

故知

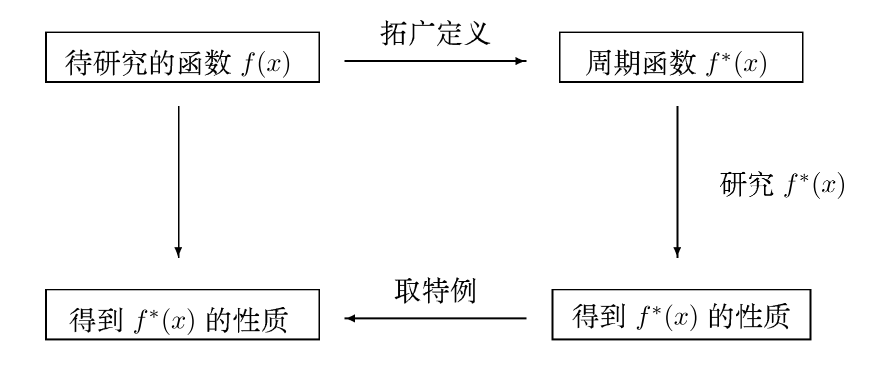
$$f*(x)=\frac{2}{3}\pi^2+4\sum_{n=1}^{\infty}\frac{(-1)^n}{n}\cos nx.$$

此级数收敛于 $f*(x)$ 特别地，在 $[-\pi,\pi]$ 上，就有

$$f(x)=f*(x)=\frac{2}{3}\pi^2+4\sum_{n=1}^{\infty}\frac{(-1)^n}{n}\cos nx.$$

这样，我们就得到了 $f(x)$ 的傅里叶展开式。

掺杂于傅里叶级数中的上述 4 项，用框图表示就是：



数学中把复杂的运算转化为另一领域内简单运算的做法，是符合科学研究规律的。而拉氏变换正是利用这一基本思想。这里，我们简单介绍以下拉氏变换在解常系数微分方程中的应用。

拉氏变换：

$$L[f(x)] = F(p) = \int_0^{+\infty} f(x)e^{-pt}dt.$$

其重要性首先表现在他有许多奇妙的性质，这些特性使得微分方程转化为代数方程。首先，通过计算，我们可得

$$L[f^{(n)}(t)] = p^n F(p) - \{p^{n-1}f(0) + p^{n-2}f'(0) + \cdots + f^{(n-1)}(0)\}.$$

由此，对任一常系数高阶线性微分方程

$$\frac{d^n y}{dx^n} + a_1 \frac{d^{n-1}}{dx^{n-1}} + \cdots + \frac{dy}{dx} + a_n y = f(x),$$

只要引入拉氏变换：$y(x) \to F(p) = \int_0^{+\infty} f(x)e^{-pt}dt$，就可以化成一个以 $L[y(x)]$ 为未知数的一元线性方程，这样就可以解得 $L[y(x)]$，从而就有 $y(x) = L^{-1}\{L[y(x)]\}$。

例 2 用拉氏变换求方程 $y"(x)+2y'(x)+2y(x) = e^{-x}$ 的满足条件 $y(0) = y'(0) = 0$ 的解。

解 $i)$ 引入拉氏变换 $L[y(x)] = Y$，对方程两端取拉氏变换，注意 $y(0) = y'(0) = 0$，得关于 Y 的代数方程

$$p^2 + 2pY + 2Y = \frac{1}{p+1}.$$

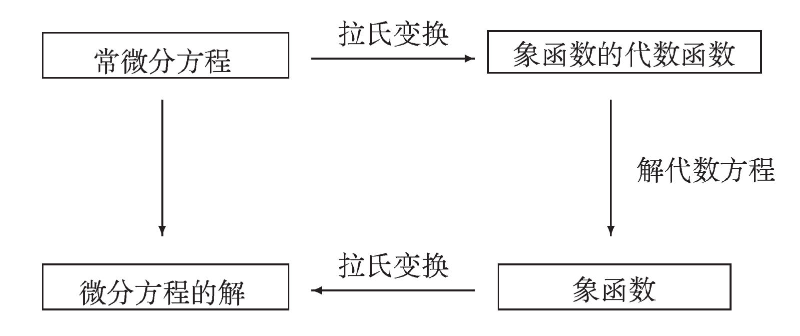
$ii)$ 解上面的代数方程就有：

$$Y = \frac{1}{(p^2+2p+2)(p+1)} = \frac{1}{p+1} - \frac{p+1}{(p+1)^2+1}.$$

$iii)$ 取拉氏逆变换就有

$$y(x) = e^{-x} - e^{-x}\cos x = e^{-x}(1-\cos x).$$

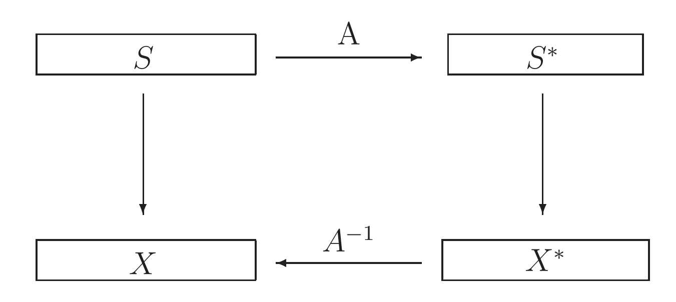
这种解法可以画框图表示如下 [4]：



无论是傅里叶级数，还是拉氏变换，其基本思想都是更广泛的一种思想的具体应用。这就是数学方法论中的关系映射反演员则，及 RMI 原则 [1]:

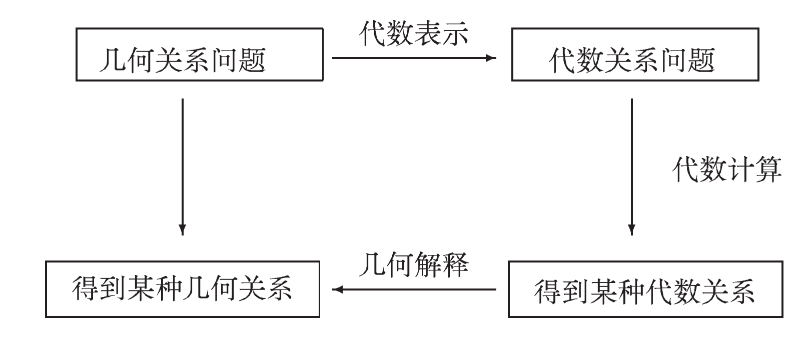
给定一个含有目标原象 X 的关系结构系统 S，如果能找到一个可定映射 A 将 S 映射入或映满 S^*，则可以从 S^* 通过一定的数学方法把目标映象 $X^* = A(X)$ 确定出来，从而通过反演即逆映射便可把 $X = A^{-1}(X^*)$ 确定出来。

这一过程可用框图表示为：

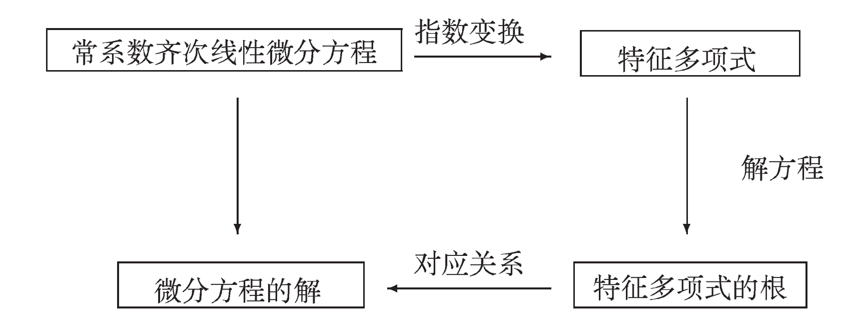


RMI 原则是数学中普遍运用的方法原则。它的具体运用在数学种的各个领域都可以看到。

例 3 中专《数学》第二册第二分册种讲述的解析几何，其解决问题的基本思想就是 RMI 原则的运用。若用框图表示，使我们可以清楚地看到这一点：



在解常系数线性微分方程时，也是 RMI 原则的具体运用，其框图表示如下：



例 4[2] 近代组合论中，不少解决问题的方法是 RMI 原则的具体运用。这里简单介绍一下其中的母函数（生成函数）的方法。

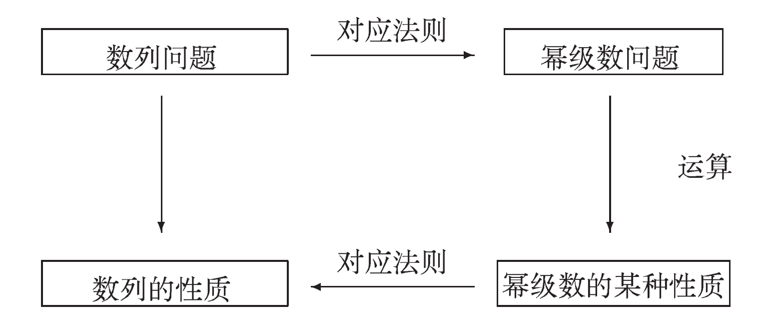
所谓母函数方法，就是把一个无限数列：$\{u_n\} = \{u_1, u_2, \cdots, u_n, \cdots\}$ 对应于形式幂级数

$$u(t) = \sum_{i \geq 0} u_i t^i$$

和

$$e^{ut} = \sum_{i \geq 0} u_i \frac{t^i}{i!},$$

并约定 $u^i := u_i$（前者称为普母函数，后者称为指母函数），然后通过研究普母函数和指母函数，再通过上面的对应关系，反演回来，就可以得到数列 $\{u_n\}$ 的某种性质。框图表示为：



例如，解差分方程 $u_{n+2} = au_{n+1} + bu_n$，$u_0 = A, u_1 = B$ 就可以采用这种母函数的方法。设

$$u(t) = \sum_{i \geq 0} u_i t^i$$

则有

$$atu(t) = \sum_{i \geq 0} au_i t^{i+1},$$

$$bt^2 u(t) = \sum_{i \geq 0} bu_i t^{i+2}.$$

所以

$$u(t) - atu(t) - bt^2 u(t) = u_0 + u_1 t - au_0 t + \sum_{i \geq 0} (u_{i+2} - au_{i+1} - bu_i).$$

根据数列 $\{u_n\}$ 的递归关系，就有

$$(1 - at - bt^2)u(t) = u_0 + (u_1 - au_0)t.$$

所以，

$$u(t)=\frac{u_0+(u_1-au_0)t}{1-at-bt^2}.$$

设 $1-at-bt^2=(1-r_1t)(1-r_2t)$，则有

$$u(t)=\frac{1}{r_1-r_2}\left(\frac{u_1-au_0+r_1u_0}{1-r_1t}-\frac{u_1-au_0+r_2u_0}{1-r_2t}.\right)$$

将 $u(t)$ 展开成幂级数，就有

$$u_n=(B-aA)\times\frac{r_1^n-r_2^n}{r_1-r_2}+A\times\frac{r_1^{n+1}-r_2^{n+1}}{r_1-r_2}.$$

特别地，对于由兔子数目的斐波那奇问题到处的数列 $\{F_n\}$，因有 $F_n=F_{n-1}+F_{n-2}$，$F_2=F_1=1$，故有 $A=B=1, a=b=1$ 且 $r_1=\frac{1+\sqrt{5}}{2}$，$r_2=\frac{1-\sqrt{5}}{2}$，所以

$$F_n=\frac{r_1^{n+1}-r_2^{n+1}}{r_1-r_2}=\frac{1}{\sqrt{5}}\left[\left(\frac{1+\sqrt{5}}{2}\right)^{n+1}-\left(\frac{1-\sqrt{5}}{2}\right)^{n+1}\right].$$

这是一个耐人寻味的式子，数列 $\{F_n\}$ 中任一项都是整数，然而 F_n 却是通过无理数来表示的。

附：主要参考资料

[1] 徐利治《数学方法选讲》。
[2] 柯召、魏万迪《组合论》上册。
[3] 吉林大学数学系《数学分析》中、下册。
[4] 中等专业学校工科通用教材《数学》第四册。

学习数学的点滴体会

数学中的定义是用来解释一些重要的数学概念的，定理则是用来反映概念之间的相互关联（性质）的。这两部分知识构成了数学的基本内容。而解答习题的目的有在于培养我们运用所学的定义、定理分析问题、解决问题的能力，三者有机地统一于我们学习数学的过程中。所以，我们要学好数学，关键是掌握学习概念、定理、习题的正确学习方法。本文后就此问题，结合自己学习数学的体会，谈些粗浅认识，与同学们互相商讨。

一、概念的学习

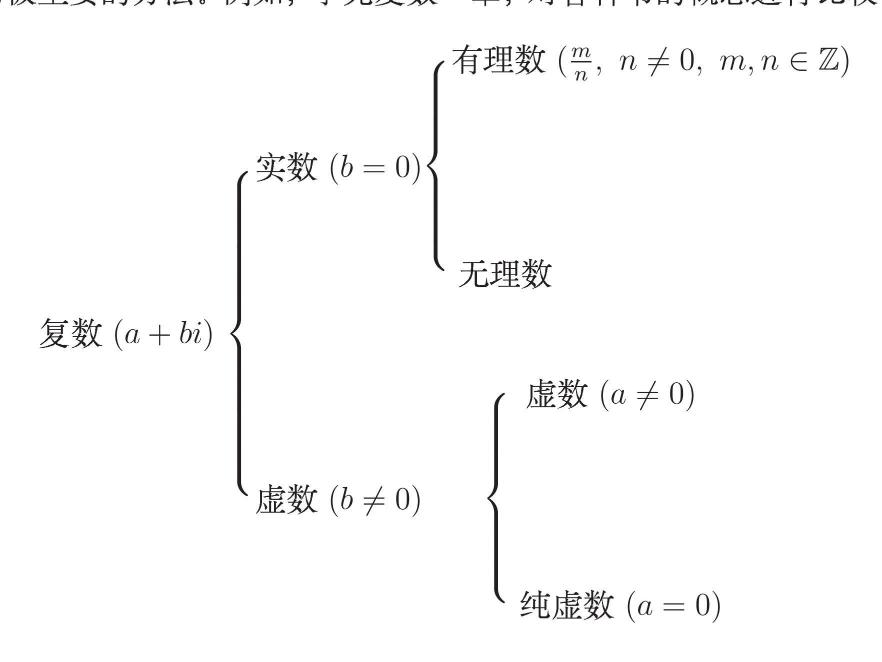
数学中的基本概念通常由定义来说明。学习一个定义，应先逐字逐句地分析一下该定义给出了怎样一个概念（若是可以画图的，还可以根据定义画出几个图来，以便于直观理解）。尤其要重视定义中的限定成份 – 条件，这时我们理解概念的关键所在，因为定义中的条件，往往是用来区别其它概念的基础。例如 “纯虚数” 是 “实部为 0 而虚部不为 0 的复数”，掌握这个定义，首先要抓住 “实部为 0 而虚部不为 0 的复数” 这个重要条件，因为任何一个复数都可以写成 $a+bi$ 的形式，在上述定义中，既排除了 $a \neq 0$ 的复数，如 $2+5i, 5-\frac{4}{3}i, \cdots$，又排除了 $a=b=0$ 的极端情形。通过以上分析，我们知道 “纯虚数” 实际上就是 “实部为 0 的虚数”，如 $5i, -\frac{3}{4}i, \cdots$ 等。

有些数学定义，初次接触不能完全理解，或者虽能理解，但对他的作用感到茫然，这在学习过程中是正常现象。一个概念，只有在用的时候才能真正体会到他的价值。而我们对一个概念的透彻理解，本身就是一个循序渐进的过程。事实上，只有当我们看到一个概念的具体作用时，对它的理解才会由文字表述上升为具体的数学形象。例如，初学微积分的同学往往觉得这门课难懂，主要原因就是对极限的概念以及由它而表现出来的一套思想方法理解不透。我自己的体会是，学习极限及其反映出的思想应随着微积分知识的积累而逐渐深入，特别是学完了定积分一章后，应认真体会一下定积分中的 “分割 $\to$ 求和 $\to$ 取极限” 的思想，它直接体现了微积分的基本思想。极限的作用这时也充分显示出来了。这时再来重温一下极限的定义，

[1]《中专数学研究》, 2 (1985)

那么，对他的理解就不仅是单纯的字面理解了，而要深刻的多，既有形式，又有内容。

对有关概念加以比较、归纳，从而深入理解相关概念之间的联系，这是学习数学的极重要的方法。例如，学完复数一章，对各种书的概念进行比较，就有



这种比较与归纳有助于我们把概念的学习向深度和广度发展。对掌握系统的数学知识是很有好处的。

学习一个概念，我喜欢思考数学中为什么要提出这个概念，例如，与矩阵有关的一些概念和解线性方程组密切相关。加减消元法实质上仅改变未知数的系数与常数项，这使得解线性方程组的过程可在由未知数的系数和常数项组成的数表中进行，这就有了矩阵的概念。此外，要使得在矩阵中解未知数成为可能，就必须定义它的几种变换，使得解线性方程组中允许的几种变换在矩阵中都能反映出来，这就产生了矩阵的三种变换（话虽是这样简单，里面却蕴含着一种从具体到抽象的数学方法）。通过这样的思考，使我能更好地学习有些人感到“枯燥”的数学概念。

二、定理和习题的学习

定理是反映概念之间的相互联系的。学习一个定理，首先要弄懂定理的意思，对他进行直观理解；进一步要弄清楚定理的作用 – 它解决了怎样的问题；最后才是学习它的证明。

掌握了定理的证明，还应该专门把证明思路提炼出来，进一步明确条件和结论的关系。例如，我自学微分中值定理中的罗尔定理：

“如果 i) 函数 $f(x)$ 在闭区间 $[a,b]$ 上连续；ii)$f(a)=f(b)$；iii)$f(x)$ 在开区间 (a,b) 内可导，则在 (a,b) 内至少存在一点 c，使得 $f'(c)=0$.”

通过提炼它的证明思路，知道了定理中条件的作用。条件 i) 保证了 $f(x)$ 在 $[a,b]$ 上可达极大和极小值；条件 ii) 则保证了 $f(x)$ 在 (a,b) 上的一点 c 达极值；条件 iii) 则保证了 $f'(c)$ 一定存在。这样，根据费尔玛定理，就有 $f'(c)=0$。这也再次是我体会到数学的严密性。

习题实际上也是定理，只不过它不象课本中定理那样重要。解题有两个目的：（一）复习巩固所学的知识；（二）训练我们灵活地分析问题、解决问题的能力。对中专生来说，这两个目的都不可忽视。

解题离不开联想。联想的对象主要指学过的公理、定义、定理和习题。对于公理、定义和定理，它们是解题的基础，一般同学都会给以注意，最易忽视的是以前解过的习题，它常常是作为一种练习而随解随忘，这对解题是极不利的。我在学习中越来越深刻地认识到，有意识地建立自己的题解“仓库”，对于解题是件极有益的事。建立自己的题解“仓库”，一方面是经常对自己的解题方法加以总结、提炼；另一方面，要多从书刊中发表的别人的一些好的解题方法中提取养分，用那些经典的、由独创特点的解题方法去进一步充实自己的“仓库”。我自己的解题实践表明，这样做的结果确能开创自己的解题思路。这主要表现在：

（一）熟悉一些重要的习题的结论后，常可以缩短与这些结论有关的习题的解答的时间。例如，求

$$\int\sqrt{\frac{\ln(x+\sqrt{1+x^2})}{1+x^2}},$$

若知道

$$[\ln(x+\sqrt{1+x^2})]'=\frac{1}{\sqrt{1+x^2}}$$

的结论，求不定积分的问题就可迎刃而解：

$$\begin{aligned}\int\sqrt{\frac{\ln(x+\sqrt{1+x^2})}{1+x^2}} &= \int\sqrt{\ln(x+\sqrt{1+x^2})}d\ln(x+\sqrt{1+x^2})\\ &= \frac{2}{3}\ln^{\frac{3}{2}}(x+\sqrt{1+x^2})+C.\end{aligned}$$

（二）记住一些比较独特的习题的解法，在解类似问题中常可以借鉴。如要证明组合恒等式：

$$\sum_{k=1}^{n}kC_n^k=n2^{n-1},$$

若能回想其课本中对

$$\sum_{k=1}^{n} C_n^k = 2^n$$

的证明方法，就会想到应从

$$1 + \sum_{k=1}^{n} C_n^k x^k = (1+x)^n$$

出发，两边先对 x 求导，再令 $x = 1$ 就知

$$\sum_{k=1}^{n} k C_n^k = n 2^{n-1}.$$

总之，概念、定理和习题的学习是学习数学的三个密不可分的统一体。值得提醒同学们注意的是，我们学好数学绝不是一个单一的过程就可以完成的，必须有多次反复。多读、多想、多练，从而才能不断提高数学课的学习质量。

第 2 篇　万物自然



CC 猜想：任何一门数学学科均可以进行组合化或进行组合重建，并进行拓广。

文化传承经典 数学理会万物

— 从 1+1 在什么情况下不等于 2 谈起

摘要: 许多科学家预言，21 世纪科学是以组合学领军的科学，即将事物间存在普遍联系的哲学思想应用于科学研究，贡献于人类认识自然和社会，这种科学思想称之为数学组合。本报告对这种科学发展模式，从 1+1 等一些趣味数学问题谈起，介绍数学组合对理解宇宙万物及人类社会复杂性、矛盾系统与自然真实、循环经济等，包括微观粒子重叠态的重叠空间解释、盲人摸象的哲学意义、薛定谔的猫及薛定谔方程、不可解方程组的自然意义、工业生产系统和投入产出模型等进行了介绍。报告融中国文化与科学为一体，寓教于乐，由浅入深，适应于不同层次的听众。

关键词: 万物之理、宇宙复杂性、社会复杂性、认识局限性、矛盾系统、自然真实、循环系统、教与学。

Abstract: Many scientists show clearly that the leader of science is combinatorics in the 21th century, which implies that the notion of the existence of common connection in things will be extensively applied to the scientific research for understanding the nature and our society. This notion is called *mathematical combinatorics*. Beginning from $1+1=?$ and other interesting questions, this popular report introduces this trend of science development to all audience such as those of the complexity of things in the nature and our society, contradictory system with natural reality, circular economy,$\cdots$, including the multiverse interpretation on superposition of particles, the philosophical meaning of the fable of the six blind men with an elephant, Schrödinger's cat, the importance of non-solvable equations with the reality, industrial systems and the input-output model. This report adapts to different levels of audience for its combination of the science with that of culture, edutainment and explain the profound notion in simple words.

---

[1]2015 年 6 月 15 日在“国际数学组合及其应用研究院 (AMCA) 万源实验基地”落成仪式上的科普报告

Key Words: Theory of everything, complexity of the universe and society, understanding limitation, contradictory system, reality, circular system, teaching and learning.

AMS(2010): 03A10,05C15,20A05, 34A26,35A01,51A05,51D20,53A35。

§1. 引言

赵本山、范伟和高秀敏 3 人演的小品《卖车》中有一幕关于 1+1 等于几的场景，如图 2.1.1 所示。





图 2.1.1

赵本山问：“1+1 在什么情况下等于 3?”

范伟答：“1+1 在什么情况下也不等于 3!”

赵本山对高秀敏说：“你答！”

高秀敏答：“1+1 在算错的情况下等于 3!”

范伟惊讶：“你算错，你算错那还等于 6 呢！”

当然，上述场景是小品为娱乐而增加的笑点。我们知道，台湾师范大学曾仕强教授是国内传播《易经》的一位著名学者。在一次演讲中，他提到在英国一位数学博士生答辩的故事。论文答辩会上，一位老师问这位博士生：“1+1 到底等不等于 2?”他心想：我是个快要拿到数学博士的人，怎会问这么简单的问题，其中定有诈，肯定是要我证明 1+1 不等于 2。于是他写了整整一黑板的数字和公式，试图证明 1+1 不等于 2。没想到那个老师看后站起来：“1+1 就是等于 2，这么简单的问题还用写一黑板”。最终，这个人没能通过论文答辩拿到博士学位。曾仕强说：“任何人问我 1+1 是不是等于 2，我会说 1+1 在正常情况之下是等于 2，但是在某些特殊情况下是可以不等于 2 的。你如果让我证明 1+1 等于 2，我就证明给你看，你要我证明 1+1 不等于 2，我也证明给你看。”在曾仕强教授看来，1+1 可以等于 2，也可以不等于 2!

那么，在数学上，1+1 等于几呢？有一些已知的 1+1 算式和成立条件如下：

$1+1=2$（在实数 R 或复数系 C 中成立），

$1+1=10$（在 2 进制或 2- 元数域中成立），

$1+1=1$ （在数理逻辑中）。这些式子都是正确的!

这些年，社会上还普遍流行一个 1+1 问题，源于著名数学家陈景润研究的“任何一个大于 4 的偶数可以表示为两个奇素数之和，俗称 1+1 问题”，即哥德巴赫猜想，例如：$6=3+3$，$8=3+5$，$10=3+7=5+5$，$12=5+7$，$\cdots$，等等。注意，陈景润这里研究的不是 $1+1$ 等于几问题而是一个堆垒素数问题。



图 2.1.2

如果把 1 理解为数，那么，一定有 $1+1=2$。著名数学家华罗庚在其《高等数学引论》序言中提到：“数 (shu,4 声）起源于数 (shu, 3 声)，1 个 1 个地数，于是产生了 $1,2,3,4,5,\cdots$。” 故此，$1+1=2$ 源于数 (3 声)，数完 1 后再数 1 个，称为 2。前一个 1 称为基数，后一个 1 称为后继数。我们用图 2.1.2 中的兔子举例，这里，1 为计数对象“兔子”的基本单位，兔子与兔子为“不同”的计数对象，符号“+”为在基数基础上“继续数 (shu, 3 声)”的意思，这样得到自然数系。在此基础上进一步拓广，就得到整数系 Z、有理数 N、实数系 R 和复数系 C，其上的加法运算均遵循上述计数规则，有 $1+1=2$。

但是，如果把 1 理解为集合 X 或 Y，则一般地 $1+1\neq 2$, 如图 2.1.3 所示.

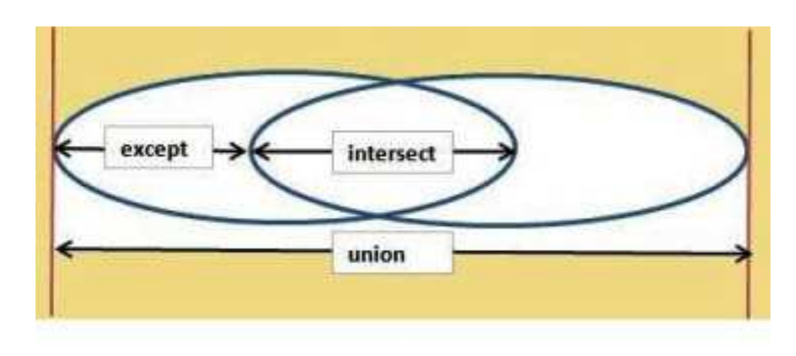


图 2.1.3

一般地，我们有 $|X\bigcup Y|=|X|+|Y|-|X\bigcap Y|$。所以，要如计数规则那样使得等式 $1+1=2$，即 $|X\bigcup Y|=|X|+|Y|$ 成立当且仅当 $|X\bigcap Y|=\emptyset$。利用这一集合关系，我们可解决一些简单的计数问题。

例 1 47 名学生参加数学和语文考试，其中语文得分 95 分以上的 14 人，数学得分 95 分以上的 21 人，两门都不在 95 分以上的有 22 人. 问：两门课在 95 分以上的有多少人？

记 $X=\{$语文得分 95 分以上学生$\}$，$Y=\{$数学得分 95 分以上学生$\}$。则 $|X\bigcup Y|=47-22=25$ 人，故两门课在 95 分以上的人数为

$$\begin{aligned}|X\bigcap Y| &= |X|+|Y|-|X\bigcup Y|\\ &= 14+21-25=10,\end{aligned}$$

即 10 人的数学、语文考试成绩在 95 分以上。

推而广之，组合学中以一个一般原理，叫容斥原理，即对于 n 个有限集合 $X_1,X_2,\cdots,X_n$，有

$$\left|\bigcup_{i=1}^{n}X_i\right|=\sum_{i=1}^{n}(-1)^{s+1}\sum_{\{i_1,i_2,\cdots,i_s\}\subset\{1,2,\cdots,n\}}\left|X_{i_1}\bigcap X_{i_2}\bigcap\cdots\bigcap X_{i_s}\right|.$$

组合学中还有一个重要的计数原理，即鸽笼原理如下：

鸽笼原理 如果把 $n+1$ 只鸽子 (或物品) 放入 n 个鸽笼 (或抽屉) 中，那么至少有一个鸽笼 (或抽屉) 中有两只或更多的鸽子 (或物品) 。

这一原理看似简单、直觉，却有很多重要推广与应用。例如，下面这个推论在数学中就有许多有趣的应用。

推论 把 $n(r-1)+1$ 个物品放入 n 个盒子中，至少有一个盒子中物品数量不少于 r 个。

例 2 一间容纳 1500 个座位的戏院坐满后最少有 5 个观众是同月同日生。

证明 如果最多有 4 个观众同月同日出生，1 年最多 366 天 (润年)，那么最多有 $4\times366=1464$ 个人使得每天恰有 4 个人，但现在 $1500>1464$，故此，当该戏院坐满时，最少有 5 个人同月同日出生。

例 3 中国大陆至少有 2 个人头发数量是一样多的。

证明 统计资料显示，黄种人头发数量平均为 10 万根左右，白种人头发数量平均为 12 万根左右。2014 年底统计结果显示，中国大陆总人口 136782 万，因 $136782 > 120000$，所以，中国大陆至少有 2 个人的头发数量是一样的。

1958 年 6-7 月号美国《数学月刊》上刊载了一个有趣的问题，即任何 6 个人的聚会，其中总会有 3 个人相互认识，或 3 个人相互不认识，这就是著名的拉姆赛 (Ramsey) 问题，可以用图 2.1.4 中的图示证明。

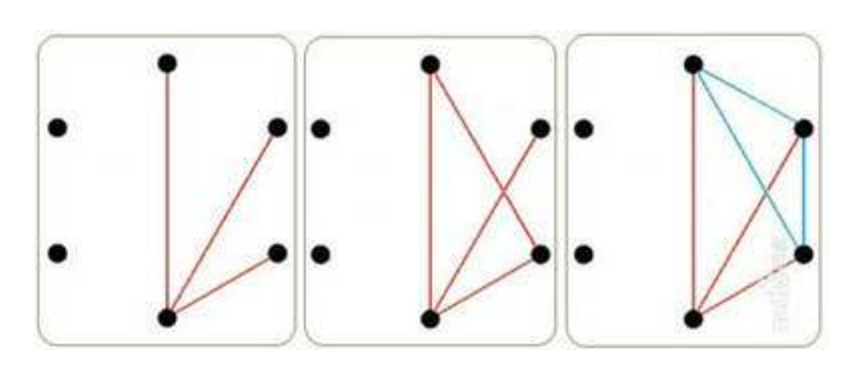


图 2.1.4

整数 6 在拉姆赛问题中具有最小性，即只要人数不少于 6，一定有拉姆赛的结论，存在 3 个人互相认识，或是 3 个人互不相识，而 5 个人就不行。这个最小整数 6 记为 $R(3,3) = 6$。类似地，有 $R(4,4) = 18$ (1979 年证明)，$R(4,5) = 25$ (1995 年证明)，但一般地，求 $R(m,n)$ 对 $m,n \geq 5$ 至今仍是未解决的问题。

§2. 数学及其本质

什么是科学？科学是关于发现、发明、创造和实践的学问，是人类探索、研究、感悟宇宙万物变化规律知识体系的总称；什么是数学？数学是研究空间形式与数量关系的学科，其宗旨是为科学研究提供定量分析的工具，包括数论、代数学、几何学、拓扑学、函数论、微积分、泛函分析、微分方程、积分方程、组合学、图论等分支。

对于宇宙万物之理，中国著名的古哲学家老子在其《道德经》中有明确表述，例如第 1 章“道可道，非常道；名可名，非常名。无名天地之始，有名万物之母。故常无欲以观其妙，常有欲以观其徼。此两者，同出而异名，同谓之玄，玄之又玄，众妙之门”；第 25 章“人法地，地法天，天法道，道法自然”；第 42 章“道生一，一生二，二生三，三生万物”等，构成了后来道家“三生观”，如图 2.1.5 中的灵宝天尊、元始天尊和道德天尊，即道家文化。



图 2.1.5

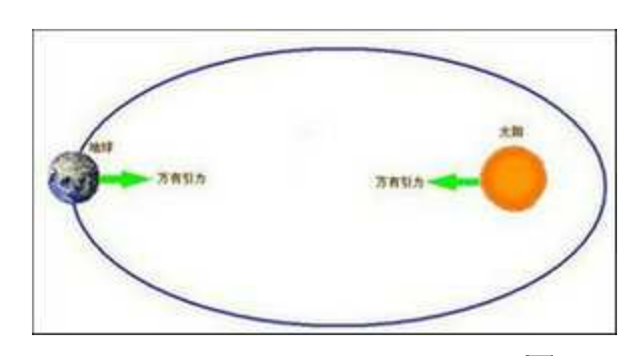
人类对宏观世界，即宇宙的认识表明了宇宙万物的复杂性，如图 2.1.6 所示，



图 2.1.6

甚者我们对我们自身的认识，即“我们从哪里来，要到哪里去?”这样一个基本问题都说不清楚。

2.1 **宇宙模型**. 众所周知，牛顿由于树上落下的一个苹果砸到头上悟出宇宙万有引力的存在，得出万有引力定律 (图 2.1.7)。



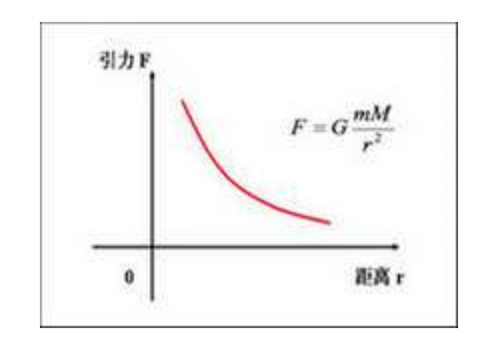


图 2.1.7

据此人们计算出了星体绕地球旋转的第一宇宙速度 $V_1 = 7.9km/s$, 飞离地球的第二宇宙速度 $V_2 = 11.2km/s$ 和飞离太阳系的第三宇宙速度 $V_3 = 16.7km/s$，奠定

了今天人造卫星、宇宙飞船的基础。但引力产生的原动力一直困扰着牛顿等物理学家。百思不得其解后，晚年的牛顿得出引力来源于“神”的宗教解释并深信不疑。



图 2.1.8

爱因斯坦的广义相对论认为，物质的存在促使空间和时间发生扭曲，而引力实际上是由时空弯曲 (图 2.1.8) 造成的。时空弯曲可以由黎曼几何中的联络 $\Gamma^{\mu}_{\alpha\beta}$ 进行刻画。故此，爱因斯坦用这种几何化的思想有效解释了引力的原动力，并在 $\Gamma^{\mu}_{\alpha\beta}$ 广义协变基础上，建立了广义协变的引力理论，即引力场方程

$$R^{\mu\nu}-\frac{1}{2}Rg^{\mu\nu}+\lambda g^{\mu\nu}=-8\pi GT^{\mu\nu},$$

这里，$R^{\mu\nu}=R^{\mu\alpha\nu}_{\alpha}=g_{\alpha\beta}R^{\alpha\mu\beta\nu}$，$R=g_{\mu\nu}R^{\mu\nu}$ 分别为 Ricci 张量，Ricci 标量张量，$G=6.673\times10^{-8}cm^3/gs^2$，$\kappa=8\pi G/c^4=2.08\times10^{-48}cm^{-1}\cdot g^{-1}\cdot s^2$，而牛顿的引力理论不过是其一级近似理论。

假设爱因斯坦引力场方程的解 (t,r,θ,ϕ) 满足球对称条件，史瓦西于 1915 年得到其球对称解

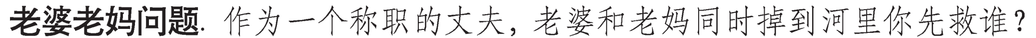
$$ds^2=f(t)\left(1-\frac{2mG}{r}\right)dt^2-\frac{1}{1-\frac{2mG}{r}}dr^2-r^2(d\theta^2+\sin^2\theta d\phi^2).$$

类似地，罗伯森 - 沃克尔在上世纪 1935-1936 年得到了如下解

$$ds^2=-c^2dt^2+a^2(t)\left[\frac{dr^2}{1-Kr^2}+r^2\left(d\theta^2+\sin^2\theta d\phi^2\right)\right],$$

这当中的 $a(t)$ 称为宇宙尺度因子。在此基础上，弗雷德曼提出了标准宇宙模型，并将宇宙分为三类，即稳态宇宙 $da/dt=0$，收缩宇宙 $da/dt<0$ 和膨胀宇宙 $da/dt>0$。观测表明，我们目前的宇宙仍处在大膨胀期，但并不表明它永远是这样，甚至有人预测若干亿年后宇宙会出现大收缩、大坍塌。

2.2 **社会复杂性**. 人类文明进程一再表明，人类社会是复杂多变的。这些年，随着妇女地位的不断提高，一个最让男人头痛的问题就是下面这个千古难题：



老婆老妈问题. 作为一个称职的丈夫，老婆和老妈同时掉到河里你先救谁？



图 2.1.9

回答“先救老妈”，老婆立刻反对：“你还算一个称职的丈夫吗？看好了，谁跟你过一辈子，你老婆!” 面临着家庭解体之困。回答“先救老婆”，立马就有人反对：“生你养你的老妈都不救，你还是人吗？别忘了，你只有一个妈!” 这个问题也成了男人们最不愿意回答的一个问题。几年前，一本娱乐期刊登过这样一则故事，说一位大学毕业生 A 的三次恋爱结果：

第一次在他大学毕业五年，事业小有所成的时候。经过一位热心大姐介绍，他与一位烧菜手艺极佳的女生 X 建立了恋爱关系。两个月后的一天，女生 X 问他：“假如我和你妈同时掉进河里，你先救谁？” 这是男生 A 平生最怕被问及的一个问题。“闹着玩的，你就说说，没什么关系的!” 女生 X 说。于是 A 大着胆子回答：“如果你和我妈同时掉进河里，我当然先救我妈！如果你淹死了，我还可以再找一个，但我只有一个妈。如果她淹死了，我就再也没有妈了。” 女生 X 听后大怒，与 A 的恋爱告吹。

第二次是在这件事过去半年后，又有一位女生 Y 与他建立了恋爱关系。然而时隔不久，女生 Y 也要 A 回答：“假如我和你妈同时掉河里，你先救我还是先救你妈？” 有了上次教训，男生 A 想：“反正我妈也听不见，不妨就捡她满意的说吧。” 于是答道：“如果你和我妈同时掉进了水里，我当然先救你。” “为什么？” 女生大吃一惊，瞪大眼睛看着他。“我妈会游泳，她年轻时还横渡过长江呢!” 女生 Y 变脸了：“你连自己的妈都不放在心中，还算人吗？今天对你老妈这样冷酷无情，明天就可以这样对我，谁敢嫁给你!”

第三次是在第二次恋爱结束一年左右时间，A 经人介绍又认识一位女生 Z。前两次的经历一直让他发愁。想到，一旦她问起我“她和我妈同时掉进河里，先救谁，

我该怎么回答呢?” 百思不得其解。于是 A 在两人正式接触就约法三章，不准问我“你和我妈同时掉进水里先救谁”这个问题，“问了也白问，我打死也不会回答的。”女生 Z 说：“你放心，我永远不会问你这个问题。现在不问，将来也不会问，打死也不会问这个问题的!” 男生 A 大喜，以为终于遇到了一位没有神经病的人。结果第二天一早，介绍人就过来问他：“实话告诉我，你们家没有神经病史吧？” A 一听就急了，“你家才有神经病呢！怎么回事？” 介绍人告诉他，女生 Z 认为他有精神病，两人恋爱关系就此结束。

为什么这样一个极简单的问题怎么回答都没有让女生 X、Y 和 Z 满意呢？究其原因，在于这一问题的答案有三个，即“先救老妈”、“先救老婆”和“谁也不救”，当然出于人道，一般不会选择“谁也不救”，但不管怎样选择，判断结果正确与否的决定权不在 A，而在女生 X、Y、Z 手中，即只有当他的回答使得对方满意时双方才能由恋爱步入婚姻的殿堂。

“老婆老妈同时掉河里先救谁”问题表明，人类社会中带有主观意识的问题，其答案是一种不确定性问题，与下小节讲的微观粒子不确定性问题相似。

2.3 **微观粒子行为不确定性**. 一个原子由一个原子核和若干个电子组成。那么，它们的空间关系是怎样的呢？早期物理学中，把原子核和电子均想象成球体一样的点状物，如宏观物体一样，电子围绕着原子核旋转，如图 2.1.10 所示。然而，人类观测微观粒子发现，微观粒子具有多态行为，即可以同时出现在两个或更多个空间位置上，这与宏观物体运动大相径庭。

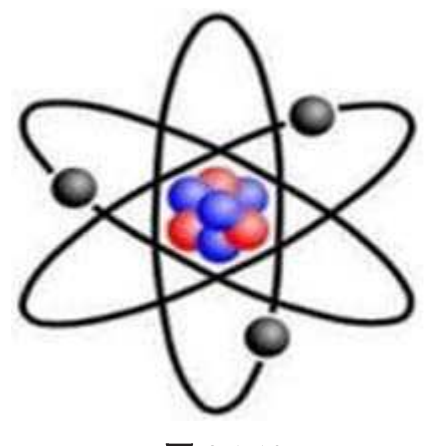


图 2.1.10

为形象阐释微观粒子的不确定性，著名物理学家薛定谔提出了后来以他命名的思想模型，即薛定谔的猫，如图 2.1.11 所示。



图 2.1.11

薛定谔的猫. 将一个可爱的小猫放入一个底部安置了毒气开关的不透明黑箱子里，然后合上盖子。猫可以在箱子里自由走动，如果不小心踩动了毒气开关，毒气会很快充满整个盒子，猫会被毒死。但在人打开盖子前，无从知晓猫的生死状况。薛定谔问：那只可爱的小猫到底是死了还是仍然活着？

为解释微观粒子的多态现象，或是回答薛定谔的猫是死是活问题，量子力学采用了波函数刻画微观粒子行为，即粒子在空间呈现一定的概率分布。测量前其只知道在空间某一点出现的概率。但一旦测得该粒子出现在 (x,y,z) 位置，它在这一点的概率为 1，其他点为 0，即该粒子的波函数在测量瞬间塌缩到该点。这种解释是假设原子模型如图 2.1.10 那样解释的，一直以来不能令物理学家满意。这样，直到 1956 年，著名物理学家惠勒教授的一位博士生 H. 艾佛瑞特向普林斯顿大学提交了博士论文 “Wave Mechanics Without Probability”，提出微观粒子多态行为的重叠空间解释，即薛定谔的猫的 “死” 与 “活” 两个态均存在，“活” 着的那个态处在一个量子空间中，“死” 了那个态处在另一个量子空间，如图 2.1.12 所示，

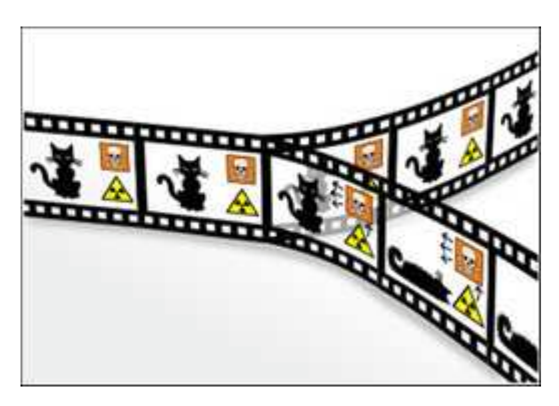


图 2.1.12

只不过人类只能介入其中一个量子空间而已。H. 艾佛瑞特这种超出一般思维方式

的重叠空间解释并没有得到普林斯顿大学学术委员会认可，未能通过其博士论文答辩。答辩委员会并要求其修改论文于第二年重新提交。在惠勒教授指导下，H. 艾佛瑞特在适当修改了论文中一些表述后于 1957 年重新向普林斯顿大学提交了博士论文，最终论文答辩通过获得了博士学位。但这件事对 H. 艾佛瑞特的打击较大，致使其博士毕业后不再不愿涉足理论物理而转向通讯技术研究。数年后，H. 艾佛瑞特的重叠空间解释得到了科学认可而成为理论物理一块基石，对理论物理发展及宇宙认识产生立了巨大影响。2007 年，《科学美国人》开设一个专版，让人专门写回顾、评述性文章以纪念 H. 艾佛瑞特的重叠空间理论诞生 50 周年。

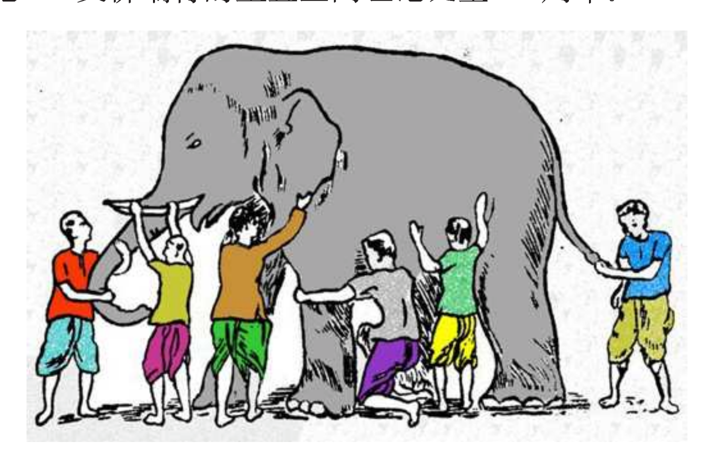


图 2.1.13

人类对事物的感知过程正如寓言“盲人摸象”中的盲人感知大象形状一样（图 2.1.13）。在这个寓言中，六个盲人被要求触摸确定大象形状。摸到大象腿、尾巴、鼻子、耳朵、肚子或牙齿的人分别主张大象为一个柱子、绳子、树枝、手掌、一堵墙或是一根管子，如图 2.1.13 所示。

他们每个人都坚持己见而争论不休。你们都是对的! 一位智者对他们说：“你们每个人之所以认为大象的形状不一样，是因为你们摸到的大象不同部位。实际上，大象具有你们每个人所说的形状特征。” 那么，这位智者告诉盲人门大象的形状是什么呢？是他们每个人对大象感知的并集合：

$$\text{大象形状} = \{4\text{ 根柱子}\}\bigcup\{1\text{ 个绳子}\}\bigcup\{1\text{ 个树枝}\}$$
$$\bigcup\{2\text{ 个手掌}\}\bigcup\{1\text{ 堵墙}\}\bigcup\{1\text{ 根管子}\}$$

一般地，假如在某一时刻 t 已感知一个事物 T 的特征 $\mu_1,\mu_2,\cdots,\mu_n$，而 $\nu_i, i\geq 1$ 是尚未感知的特征。则在逻辑上，事物 T 就是

$$T=\left(\bigcup_{i=1}^{n}\{\mu_i\}\right)\bigcup\left(\bigcup_{k\geq 1}\{\nu_k\}\right) \tag{2.1}$$

而在时刻 t 的感知 $T^\circ = \bigcup_{i=1}^{n}\{\mu_i\}$ 仅是一个渐进值。

人类认知事物的基础是数学，因为只有数学可以为人类的认知提供定量分析的工具。但数学的发展也并不完全满足这种需要。爱因斯坦曾抱怨到："一个数学定律一旦对应到自然真实，他们就变得是那么不确定；反之，一旦他们确定了，又往往不对应自然真实。" 说明数学本身需要适应人类认知而发展，不能在那里 "孤芳自赏" 而置其宗旨不顾。

§3. 数学方法—由具体到抽象

2014 年 5 月 5 日，我在微博中写道:

> 我对数学第一次开悟发生在 1983 年，当时在北京一建筑学校求学。因中学志在数学，于是一边学着建筑技术，一边在北京工业大学杨燕昌老师指导下学 Bollobás 的《极值图论》。有一段课程需用到置换群，于是向他请教。他在桌子上摆三个茶杯，轮换一下后问我：在数学上如何描述呢？随后，他写下 (123) 和 (132) 两个置换，使我顿悟数学是由具体到抽象的产物！再不觉数学枯燥无味。

杨燕昌老师对我讲授的，实际上正是群的产生过程，也就是说，群产生于变换。我们可以对三个茶杯分别编上号码 1、2 和 3。那么，在数学上对茶杯间的轮换过程进行刻画，其实就是

$$(123) \to (132) \to (312).$$



图 2.1.14

类似例子还有人脸的左右变换和正方形上的对称变换，



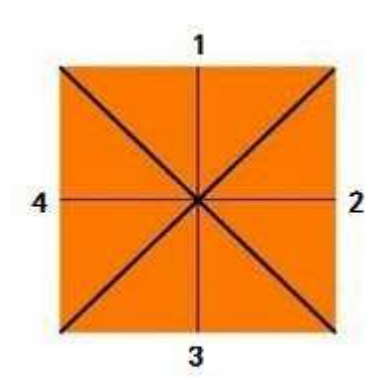


图 2.1.15

它们对应的对称变换分别为 (12) 和 (13), (24), (1234) 等。推而广之，我们可以得到 n 元对称群，即给定一个 n 元集合 $\Omega_n=\{1,2,\cdots,n\}$，其上的一个置换 σ 定义为

$$\sigma=\begin{pmatrix}1 & 2 & \cdots & n\\ 1^\sigma & 2^\sigma & \cdots & n^\sigma\end{pmatrix}.$$

例如，$n=4$ 时，

$$\sigma=\begin{pmatrix}1 & 2 & 3 & 4\\ 2 & 4 & 1 & 3\end{pmatrix}$$

就是一个置换。对 Ω_n 上的两个置换 σ 和 τ，其乘法定义为

$$i^{\sigma\tau}=(i^\sigma)^\tau,$$

这里，$i=1,2,\cdots,n$。例如，当

$$\sigma=\begin{pmatrix}1 & 2 & 3 & 4\\ 2 & 4 & 1 & 3\end{pmatrix},\quad \tau=\begin{pmatrix}1 & 2 & 3 & 4\\ 2 & 1 & 4 & 3\end{pmatrix}$$

时，有

$$\sigma\tau=\begin{pmatrix}1 & 2 & 3 & 4\\ 2 & 4 & 1 & 3\end{pmatrix}\begin{pmatrix}1 & 2 & 3 & 4\\ 2 & 1 & 4 & 3\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}1 & 2 & 3 & 4\\ 1 & 3 & 2 & 4\end{pmatrix}.$$

记 Ω_n 上的所有置换构成的集合为 S_n。可以验证，S_n 中的任意元 a,b,c 具有下述性质：

(1) 满足结合律 (ab)c=a(bc);

(2) 存在单位元 I, 使得 $Ia=aI=a$。实际上，I 是 Ω_n 中使得任意元不动的变换;

(3) 任意元 $\sigma \in S_n$ 存在逆元 $\sigma^{-1} \in S_n$ 使得 $\sigma\sigma^{-1} = \sigma^{-1}\sigma = I$。实际上，这里的

$$\sigma^{-1} = \begin{pmatrix} 1^\sigma & 2^\sigma & \cdots & n^\sigma \\ 1 & 2 & \cdots & n \end{pmatrix}.$$

满足上面三个条件的单代数运算系统称为群。对称群 S_n 的任意一个子集合，如果仍满足上面三条性质，则称为置换群。例如，保持人脸对称的置换群 $= \langle(12)\rangle$，保持正方形不变的置换群 $= \langle(13),(24),(1234)\rangle$，其中置换个数有限。

整数集 Z 在加法运算下构成加法群 $(Z;+)$，但其在乘法运算下不构成群。然而，有理数、实数和复数在加法和乘法运算下均构成群，为无限群。

我们知道，对称是一种和谐美! 所以，群源于万物对称的数学抽象。





图 2.1.16

同样地，我们还发现了图与数字同时对称的图形 (图 2.1.17)，这当中，

$$c_1 = 11,\ c_2 = 1221,\ c_3 = 123321,\ c_4 = 12344321,$$
$$c_5 = 12344321,\ c_5 = 1234554321,\ c_6 = 123456654321,$$
$$c_7 = 12345677654321,\ c_8 = 1234567887654321,$$
$$c_9 = 123456789987654321.$$

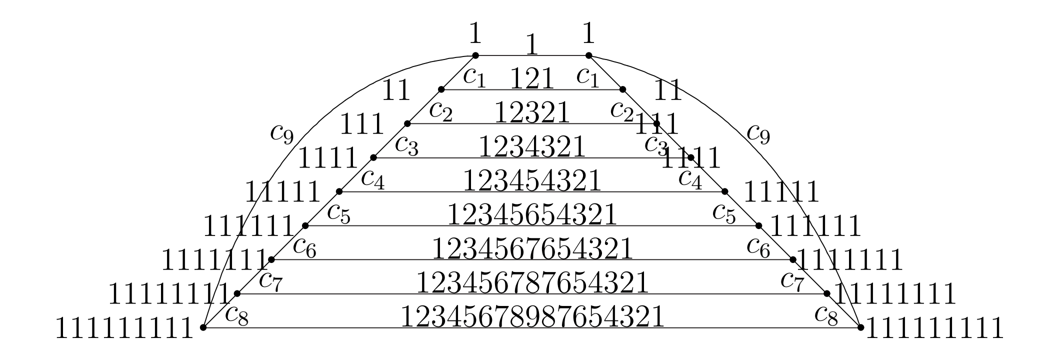


图 2.1.17

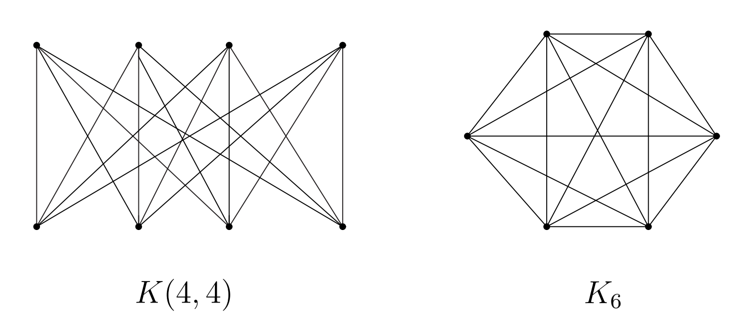
还可以讨论双运算代数系统，例如，

(1) 环 $(R;+,\times)$ 结构，即 R 中加法、乘法满足交换律和结合律，乘法对加法满足分配律，加法构成交换群，即 $a+b=b+a$。例如，整数集 Z 在加法 $+$、乘法 $\times$ 运算下就构成环 $(Z;+,\times)$；

(2) 域 $(F;+,\times)$，即 F 在加法、乘法运算下均为交换群的环 $(F;+,\times)$。例如，有理数域 $(N;+,\times)$、实数域 $(R;+,\times)$ 和复数域 $(C;+,\times)$ 等均为数域。

一个集合 A 在运算 $\circ$ 下成为代数系统的前提是其中的所有元在运算 $\circ$ 下封闭，即任意 $a,b\in A$，一定有 $a\circ b\in A$。当运算结果不封闭时，无法采用代数系统刻画其行为，但可以采用 2- 元关系图进行刻画。

一个图是一个 2- 元对 $(V;E)$，由其顶点集 V 和边集 $E\subset V\times V$ 构成，如图 2.1.18 所示，是交通路网、电网等实际事物的抽象结果。



$K(4,4)$ K_6

图 2.1.18

一个图如果可以画在平面上，使得两条边仅在端点处相交则称为平面地图，如图 2.1.19 所示，它实际上是我们生活中用到的各种地图的抽象结果。



图 2.1.19

画地图时，需要对不同的国家或地区采取不同的颜色着色，以区分这些国家或地区。许多地图绘制者都有一种切身体会，就是采用四种颜色就可以完成地图绘制

工作，以区分不同的国家或地区，而三种颜色则不行。那么，能否给出这一结论一个严格的数学证明?这就是有名的四色问题，是世界近代三大数学难题之一。该问题从 1872 年数学家凯利正式向伦敦数学学会提出了这个问题以来，许多数学家投身于这一问题研究，试图给出一个数学证明但事后发现，给出的证明中均存在某种数学瑕疵。这样直到 1976 年 6 月，美国数学家阿佩哈尔、哈肯和考西等三人在美国伊利诺斯大学的两台不同的电子计算机上，用了 1200 个小时，作了 100 亿次判断，发现没有一张地图是需要五色后，才最终证明了这一结论，即

四色定理 任何一个平面地图可以用最多四种颜色着色，使得其任意两个相邻面具有不同颜色。

当他们的研究成果在期刊上正式发表时，当地邮局在当天发出的所有邮件上都加盖了“四色足够”的特制邮戳，以祝贺这一数学难题的解决。




图 2.1.20

平面等同于直径无限大的球面。一般地，我们可以在曲面上讨论着色问题。拓扑学中，一个曲面是一个紧致无界的 2- 维流形，例如，日常生活中常见的球面、环面等都属于曲面 (图 2.1.20)。

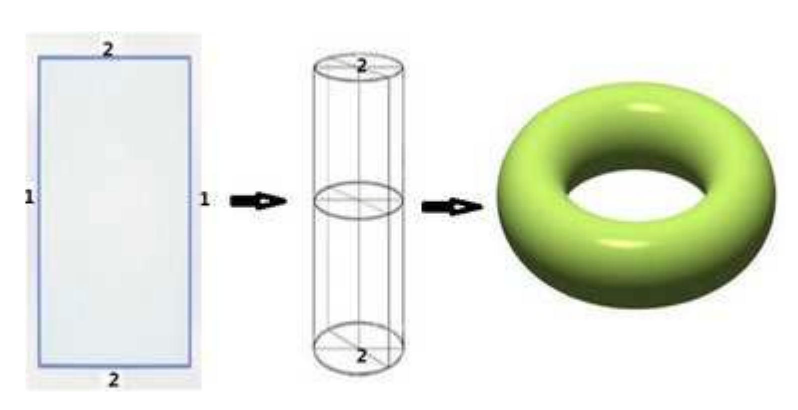


图 2.1.21

那么，怎样由纸面粘合得到一个环面呢?我们可以取一张 A4 纸，其对边分别编为 1 号与 2 号边。然后，把两个 1 号边粘合在一起，得到 1 个柱面，再把两个 2 号边，注意，此时的 2 号边对应于柱面上下 2 个圆周粘合在一起，我们就得到了一个环面，如图 2.1.21 所示。

拓扑学中有这样一个结论，即任意一个曲面在粘合映射作用下都存在多边形表示。把一个图 G 画在曲面上，使得边和边之间仅在端点相交称为图在曲面上的嵌入。例如，4 阶完全图 K_4 在球面和克莱因瓶上的嵌入见图 2.1.22。

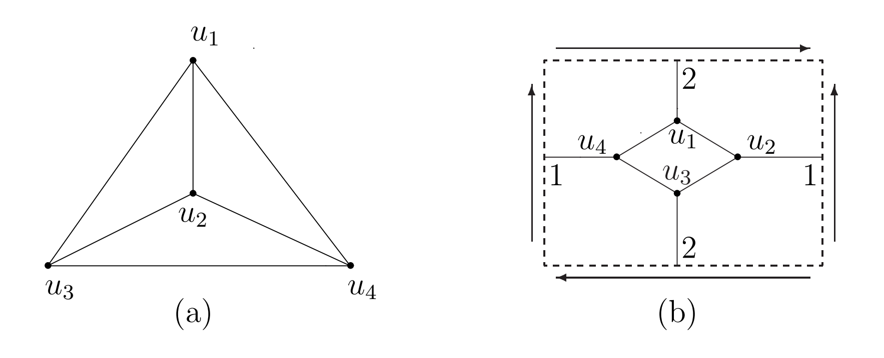


图 2.1.22

我们知道，盲人摸象那个寓言中，按照那位智者的指引，大象的拓扑结构应该是一棵树，如图 2.1.23 左侧那个图所示，这里，$\{t_1\}$ = 鼻子，$\{e_1, e_2\}$ = 耳朵，$\{h\}$ = 头，$\{b\}$ = 肚子，$\{l_1, l_2, l_3, l_4\}$ = 腿，以及 $\{t_2\}$ = 尾巴，且两个点相连当前仅当它们直接关联。那么，我们怎样由一颗树，通过几何变换得到大象的 3- 维形状呢? 首先，我们可以沿着平面 $\mathbb{R}^2$，将树中的每条边沿平面吹鼓，即用圆盘 B^2 取代而得到平面大象，然后，再把每个圆盘沿与 $\mathbb{R}^2$ 垂直那个方向吹鼓，即每个圆盘变化成圆柱体，并在空间 $\mathbb{R}^3$ 中施以同胚变换，把每个圆柱体映射成大象的对应部位，这样，我们就得到一个 3- 维大象，如图 2.1.23 所示。

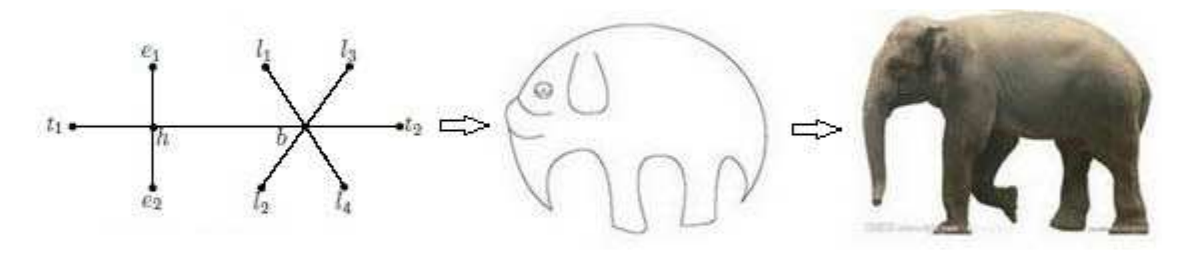


图 2.1.23

§4. 《道德经》启示—符号真实?

2014 年 5 月 5 日，我在微博中再次写道：

我对数学第二次开悟在 2004 年，在中科院做博士后第二年。博士阶段应导师指引计算曲面地图计数，已算出不少结果可在国际期刊发表，但个人一直有个心结解不开，就是这些结果对科学或数学有何意义？于是不愿再算。朋友推荐读《道德经》，悟到有无均是人类界定，科学使命在认识无，实现无中生有，于是开展矛盾系统研究。

矛盾，指 2- 元逻辑中一个事物 A 不能既是 B 又不是 B。矛盾源于人类认识的局部性和片面性，正如盲人摸象所蕴含的人与人间发生争论（图 2.1.24）的哲学道理一样，人类对一个事物 T 的感知 $T^{\circ}=\bigcup\limits_{i=1}^{n}\{\mu_i\}$ 是 T 的本真 (2.1) 的渐进值。



图 2.1.24

那么，矛盾系统是否不代表事物本真呢? 答案是否定的! 假定事物 T_1,T_2,T_3,T_4 和 T_1',T_2',T_3',T_4' 的行为分别由下述两个方程组

$$(LES_4^N)\ \begin{cases} x+y = 1 \\ x+y = -1 \\ x-y = -1 \\ x-y = 1 \end{cases} \qquad (LES_4^S)\ \begin{cases} x=y \\ x+y=2 \\ x=1 \\ y=1 \end{cases}$$

进行刻画。显然，方程组 (LES_4^N) 无解，因为方程 $x+y=-1$ 与 $x+y=1$ 矛盾，方程 $x-y=-1$ 与 $x-y=1$ 矛盾；同时，方程组 (LES_4^S) 有解 $x=1$ 和 $y=1$。那么，我们能断言事物 T_1',T_2',T_3',T_4' 就是 $x=1,y=1$ 而事物 T_1,T_2,T_3,T_4 什么也不是吗? 当然不能，因为 $(x,y)=(1,1)$ 不过是事物 T_1',T_2',T_3',T_4' 在平面 $\mathbb{R}^2$ 上的直线交点，而 T_1,T_2,T_3,T_4 在平面 $\mathbb{R}^2$ 上没有交点而已。然而，它们真实地存在于 $\mathbb{R}^2$ 上，如图 2.1.25 所示。

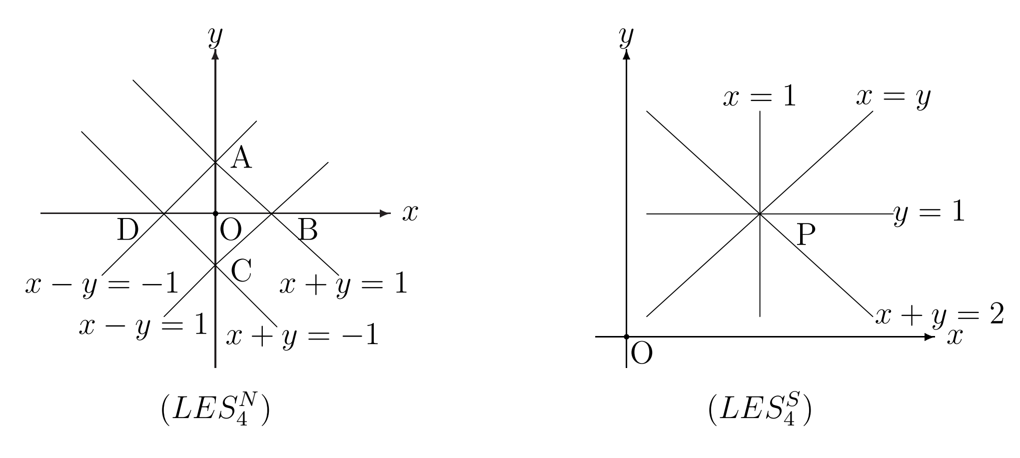
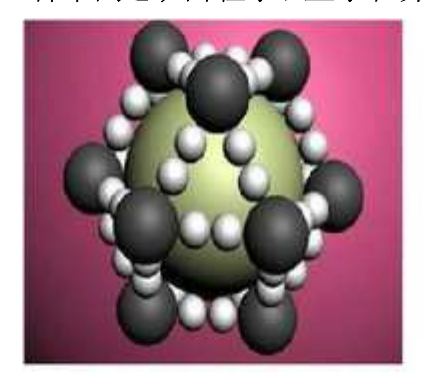


图 2.1.25

我们知道，物质分为正物质、反物质和非物质。其中，非物质是介于正、反物质间的一种中间态，由轻子、重子和介子构成。



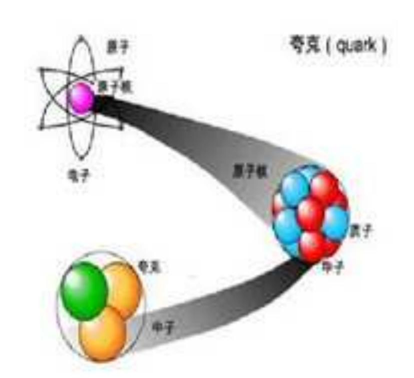


图 2.1.26

构成物质的基本单元 – 夸克模型于 1964 年由物理学家默里. 盖尔曼和乔治. 茨威格独立提出，采用 $SU(3)$ 群对已知强子进行分类而得到。现已知有六种味的夸克 q：上 (u)、下 (d)、奇 (s)、粲 (c)、底 (b) 和顶 (t)。夸克的反粒子叫反夸克。例如，重子是三个夸克（或者三个反夸克组成）组成的复合粒子，介子由一个正夸克和一个反夸克构成，都是复合粒子。



图 2.1.27

那么，怎样刻画夸克的动力学行为呢？我们知道，描述粒子波动行为的方程为薛定谔方程

$$i\hbar\frac{\partial\psi}{\partial t}=-\frac{\hbar^2}{2m}\nabla^2\psi+U\psi,$$

其中 ψ 为粒子的波函数，$\hbar=6.582\times10^{-22}MeV\,s$ 为普朗克常数，

$$\nabla^2=\frac{\partial^2}{\partial x^2}+\frac{\partial^2}{\partial y^2}+\frac{\partial^2}{\partial z^2}.$$

所以，物理学中对夸克的动力学行为仍采用薛定谔方程描写。

问题 如果夸克方程是薛定谔方程，用其刻画重子或介子得到微分方程组是否可解？

上述方程组一般不可解，也就是说，重子、介子和奇特强子方程组是矛盾方程组。然而，自由夸克在实验中一直没有发现，我们甚至不敢断言，夸克是构成物质的最小单元。

既然重子、介子和奇特强子方程组是矛盾方程组，经典数学工具就没有办法处理。即便夸克是一种物质构成单元的假设成立，它们真实的存在，也需要人类构建可以包含矛盾系统的数学理论进行刻画。上世纪 90 年代出现的Smarandache 几何，或称为悖论几何更具有矛盾特征，即一个公理在这类几何中可以同时成立或不成立，或者以多种方式不成立，即这种几何打破了经典几何中“均匀、一致性”要求，为物质构成的几何理论打开了通道，因为宇宙万物本身就出在不均衡状态中，恰需要一种非均匀的数学对其进行刻画。

§5. 循环经济—“天人合一”对数学影响

2014 年 5 月 5 日，我在微博中还写道：

我对数学第三次开悟发生在年初。个人想总结这些年工作，后完成“Mathematics on non- mathematics”综述论文，指出经典数学是无矛盾系统，有矛盾系统，如不可解微分方程组则是大自然反映，是基于组合的数学。中国“天人合一”意味着自然系统是循环的，有矛盾数学恰是自然真实描写，这也是数学终极目标。

工业生产成品的全生命周期，即由原材料生产成品、物流到消费，最后报废的全过程如图 2.1.28 所示。

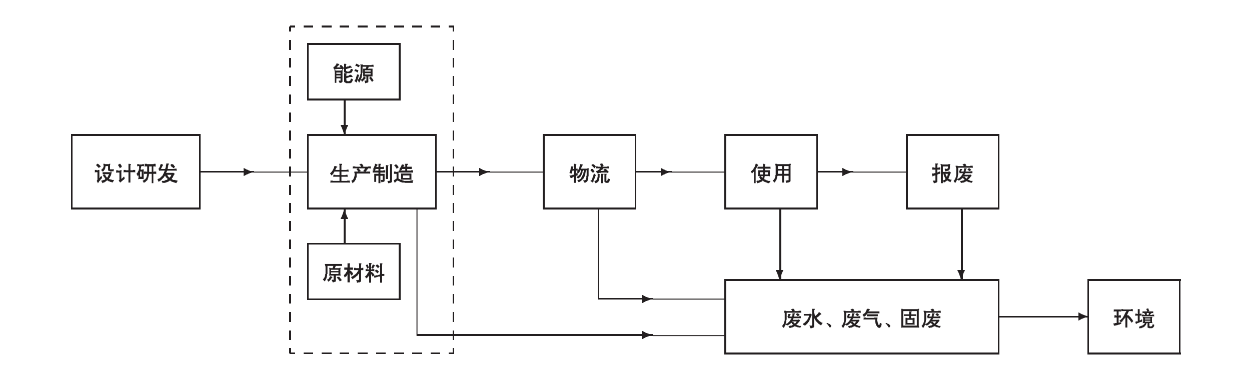


图 2.1.28

经济学中，投入产出分析是定量分析工业经济收益的主要方法，如图 2.1.29 所示。

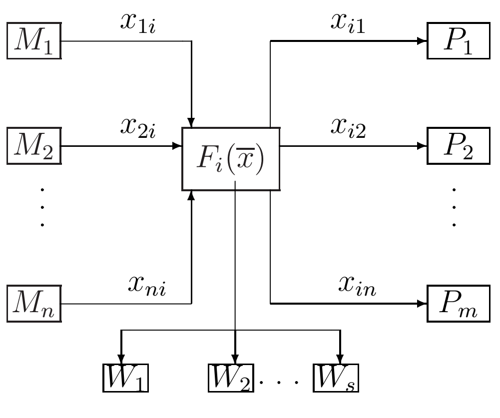


图 2.1.29

例如，化学工程中有一个刻画化学反应的动力学模型，即布鲁斯莱特模型

$$\begin{cases} A \to X, \\ 2X + Y \to 3X, \\ B + X \to Y + D, \\ X \to E \end{cases}$$

其中，A, B, X, Y 分别为四种物质的浓度。由化学反应动力学可知，如果初始值 A 和 B 选择的充分大，则 X 和 Y 可以由偏微分方程组

$$\begin{cases} \dfrac{\partial X}{\partial t} = k_1 \Delta X + A + X^2 Y - (B+1)X, \\ \dfrac{\partial Y}{\partial t} = k_2 \Delta Y + BX - X^2 Y \end{cases}$$

进行刻画。

从"天人合一"理念出发构建的产业生态系统是一种循环经济系统，它要求上游输出（产品、废弃物）为下游生产输入（资源），且实现废弃物最终零排放于自然，从而实现人对自然干预最小化，如图 2.1.30 所示。

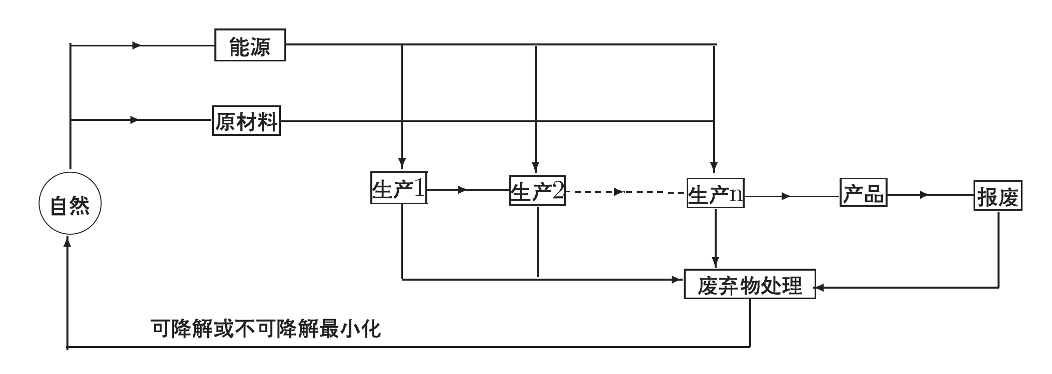


图 2.1.30

从数学上看，上述产业生态系统对应的微分方程组一般是不可解，即对应于数学中的矛盾系统。这也再次说明，即便是人类的生产生活，其行为刻画在数学上也大多是矛盾系统。故此，人类要想真正把握事物本真，必须研究经典数学中的矛盾系统，化矛盾为数学相容，这样，也只有这样才能把握事物本真。

§6. 教育核心在育

教育，即教学与培养，核心是以德育人，培养社会可用人才。既要有《易经》乾卦中"天行健，君子以自强不息"，同时，还要有坤卦中"地势坤，君子以厚德载物"的天地精神。

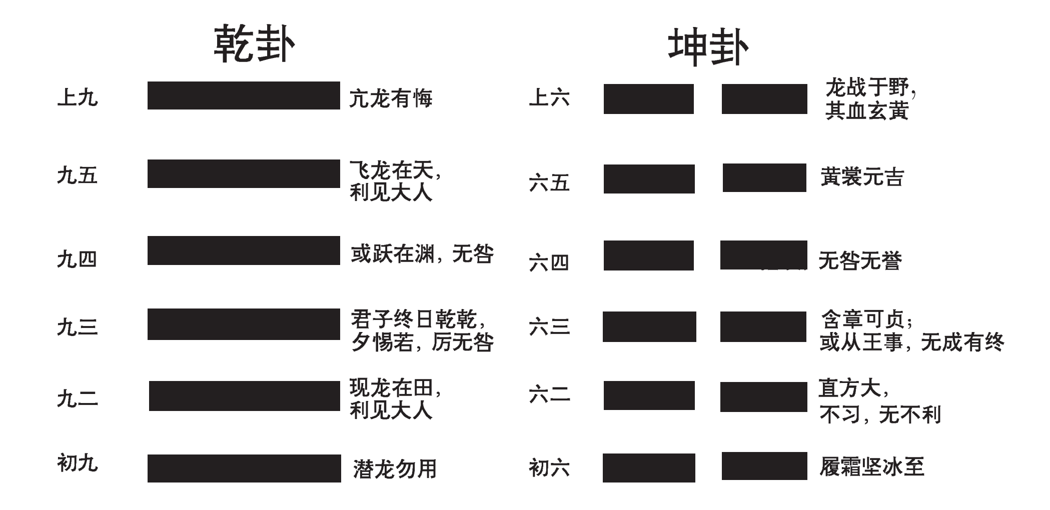


图 2.1.31

孔子晚年为自己画的卦象为:“吾十五志于学(立志)⇒ 三十而立(办私学)⇒ 四十而不惑(明事理)⇒ 五十知天命(道)⇒ 六十耳顺(逆言顺耳)⇒ 七十从心所欲,不逾矩。”这也是我们今天人才培养的参照物和典范。

6.1 数学学习建议

中学数学学习应掌握以下要点:

(1) 掌握代数、几何、概率统计、微积分初步等基础知识、技能和数学思想、方法,要多问几个为什么,如为什么提出这个概念,其背景是什么?为什么这样定义?定理意义在哪,解决了什么问题?有没有更好地改进等;

(2) 要多做习题,把握计算、证明技能与技巧,学会“举一反三”;

(3) 要把数学作为一个整体学习,不偏废其中任何一个分支,因为它们对学好数学,进而立理解自然同等重要。

例如,组合恒等式 $\sum\limits_{k=1}^{n} kC_n^k = n2^{n-1}$ 可以采用数学归纳法证明,但永远不知道前人是怎样发现这个恒等式的。实际上,从

$$1 + \sum_{k=1}^{n} C_n^k x^k = (1+x)^n$$

出发,两边先对 x 求导,再令 $x=1$,自然就有

$$\sum_{k=1}^{n} kC_n^k = n2^{n-1}.$$

6.2 物理学习建议

中学物理学习应掌握以下要点:

(1) 掌握动力学、热力学、电磁学、光学和原子核物理等基础知识、观察和数据获取、分析以及实验动手能力,进而理解物质的基本性态。

(2) 需要多做练习,“举一反三”,对物理各分支统一学习、把握,不要凭个人喜好而偏颇哪一分支,因为中学是打基础时期。

(3) 中学物理讨论的多是宏观物体、恒常、匀态行为,是物质最简单行为,便于观测和理解,这样,到了大学物理,利用微积分技巧就可刻画粒子动态行为。

例如,势能为 U 的场中,有 $\mathbf{F} = \frac{\partial U}{\partial x}$,这样就有牛顿第二定律的一般形式

$$\frac{\partial U}{\partial x} = -m\frac{d^2x}{dt^2}.$$

再比如，利用能量公式 $E = \frac{1}{2m}\overrightarrow{p}^2 + U$ 和

$$i\hbar\frac{\partial\psi}{\partial t} = E\psi, \quad -i\hbar\nabla\psi = \overrightarrow{p}^2\psi,$$

很容易得到薛定谔方程

$$i\hbar\frac{\partial\psi}{\partial t} = -\frac{\hbar^2}{2m}\nabla^2\psi + U\psi.$$

6.3 教与学建议

在这个知识爆炸和互联网普及家家户户的年代，除课堂教学外，利用互联网把握最新科学知识才是学生成才之路，建议做好以下三点：

(1) 课上与课下学习相结合，既要向老师学，同学间还要相互学等；

(2) 教科书要与教辅、课外书的学习相结合；

(3) 纸面材料要与互联网学习相结合。互联网上的百科全书、辞典等，都是校内学习的有效补充和验证，同时也是扩充知识的有效方法，必须对其引以重视。

中学教育是整个教育的基础。我深信在场每位老师、同学都能切实体会到这一点。教育，单靠老师“教”或是单靠学生“学”都不行，需要同时发挥教与学两个方面的主观能动性，因为只有教与学两者的有机结合，才是教书育人的成功之路。

组合学及其对现代数学物理影响

—— 从“老婆和老妈同时掉河里先救谁”问题谈起

摘要: 本文的主要目的,在于讨论科学研究的系统思想,即拓扑图作为事物间联系的纽带,对推动当代数学物理研究所起到的作用。文中介绍了几个著名的思想模型,并由此引入了Smarandache重空间和矛盾系统,以及将拓扑图作为其系统组合结构的思想,讨论了抽象图在空间的嵌入、空间点 - 边标号图及其一般空间的组合结构,特别是Poincare猜想的组合引申,即任何一个 3- 维单连通流形同胚于一棵 3- 维树等有趣的拓扑学结果,还介绍了在拓扑图,即组合流形上建立微分理论以及其对Einstein引力场的贡献等,文中最后介绍了如何站在人与自然协调发展视角,判断数学课题的重要程度,进而进行研究的科学方法。

关键词: 组合思想、拓扑图、Smarandache 重空间、引力场,科学方法。

Abstract: By showing several thought models, this paper introduces the Smarandache multi-space and Smarandache system underlying a topological graph, i.e., d-dimensional graph step by step, and surveys applications of topological graphs to modern mathematics and physics, particularly, the idea of M-theory for the gravitational field. The last part of this paper discusses how to select a topic for research on the coordinated development of man with nature.

Key Words: Combinatorial principle, topological graph, Smarandache multi-space, gravitational field, research notion.

AMS(2010): 01A25, 01A27

一、引子

联系是宇宙万事万物的一种基本关系,组合是宇宙万事万物相互联系的一种表现形式,是人通过感知宇宙万物而确立的。在人类社会中,一个男人和一个女人组成一个家庭,上有父母,下有子女,进而形成人类社会中最基本的亲属关系,是人

[1]2012 年 8 月 30 日、10 月 9 日在内蒙古师范大学数学学院和北京建筑大学理学院报告
[2]www.paper.edu.cn, www.nstl.gov.cn

类得以繁衍长存的一种保障。这些年，随着妇女地位的不断提高，一个最让男人头痛的问题就是下面这个千古难题：

老婆老妈问题：作为一个称职的丈夫，老婆和老妈同时掉到河里，你先救谁？



图 2.2.1 **老婆老妈同时掉河里先救谁问题**

回答“先救老妈”，老婆立刻反对：“你还算一个称职的丈夫吗？看好了，谁跟你过一辈子，你老婆！”面临着家庭解体之困。回答“先救老婆”，立马就有人反对：“生你养你的老妈都不救，你还是人吗？别忘了，你只有一个妈！”这个问题也成了男人们最不愿意回答的一个问题。

2012 年伦敦奥运会游泳比赛，孙杨（男）和叶诗文（女）获得冠军后，许多人看到了解决这一问题的希望：让孙杨和叶诗文结婚，这个千古难题不就迎刃而解了吗！因为两人都是游泳冠军。

真是这样吗？答案是否定的！几年前，我在一本娱乐期刊上看到一则与这个难题有关的故事，说的是一位大学毕业生 A 的三次恋爱结果及失败原因：

第一次，在他大学毕业五年，事业小有所成，经过一位热心的大姐介绍，与一位烧菜手艺极佳的同龄女生 X 建立了恋爱关系。两个月后的一天，女生 X 问他：“假如我和你妈同时掉进河里，你先救谁？”这是男生 A 平生最怕被问及的一个问题，求 X 放过他不回答这个问题。“没关系，闹着玩的，你就说说，没什么关系的。”女生 X 说。于是 A 大着胆子回答：“如果你和我妈同时掉进河里，我当然先救我妈！因为你如果淹死了，我还可以再找一个，但我只有一个妈，她如果淹死了，我就再也没有妈了。”于是女生 X 与 A 再无音信往来，恋爱告终。

第二次，大约半年后，又有一位女生 Y 来到了他的身边，与他建立了恋爱关系。然而时隔不久，女生 Y 又要 A 回答同样的问题“假如我和你妈同时掉进河里，你先救我还是先救你妈？”有了上次教训，男生 A 想：“反正我妈也听不见，不妨就捡她满意的说吧”。于是回答道：“如果你和我妈同时掉进了河里，我当然先救你。”

“为什么？” 女生大吃一惊，瞪大眼睛看着他。“我妈会游泳，她年轻时还横渡过长江呢！” 女生 Y 一下就变了脸：“你连自己的妈都不放在心中，还算人吗？今天对你老妈这样冷酷无情，明天就可以这样对我。谁还敢嫁给你!”

第三次，这件事情过去一年左右，经人介绍，A 又认识了一位女生 Z。前两次的经历，让他发愁，一旦她问起我“她和我妈同时掉进河里，我先救谁”，我该怎么回答呢? 百思不得其解。于是在两人开始正式接触就约法三章，不准问我“你和我妈同时掉进河里，我先救谁”这个问题，“问了也白问，我打死也不会回答的”。女生 Z 说：“你放心吧，我永远不会问你这个问题，我现在不问，将来也不会问，打死也不会问这个问题的!” 男生 A 大喜，以为终于遇到了一位没有神经病的人。结果第二天，介绍人一早就过来问他：“实话告诉我，你们家没有神经病史吧？” A 一听就急了“你家才有神经病呢！怎么回事？” 介绍人告诉他，女生 Z 认为他有精神病，两人恋爱关系就此结束。

为什么这样一个极简单的问题怎么回答都没有让女生 X、Y、Z 满意呢？究其原因，在于 A 的答案有三个，即“先救老妈”、“先救老婆”和“谁也不救”，当然一般人出于人道，不会选择“谁也不救”，但不管怎样选择，判断结果正确与否的决定权不在 A，而在女生 X、Y、Z 手中，即只有当回答使得这些女生满意的时候才能获得最佳结果。

一般地，科学问题可以分成两类：一类是只有唯一答案的问题，此时只要找出唯一答案就可以得到正确结果；还有一类是存在多个答案，此时仅作出答案不完全，还需判定准则，当同时存在多个判准时，往往不能通过一次选择得到正确结果。在中国文化中，这就是“适时”的概念。我们常听到这样一句话“说你行你就行，不行也行；说你不行你就不行，行也不行”，恰是这种问题的反应，因为中国文化突出“个体差异”，即同样一件事，在一个场合是正确的，在另一个场合可能就是错的，因为不逢时。

在科学发展过程中，上述第一类问题称为确定性问题，即原因与结果之间存在确定性关系，可以采用函数 $Y = f(X)$ 表述出来；第二类问题的一般化称为非确定性问题，是在量子力学研究过程时发现的，即量子行为的不确定性，也有人称之为“确定性科学丧失”，这当中最有代表性的，是悖论“薛定谔的猫”问题。

薛定谔的猫 将一个可爱的小猫放入一个底部安置了毒气开关的不透明黑箱子里，然后合上盖子。猫可以在箱子里自由走动，如果不小心踩动了毒气开关，毒气会很快充满整个盒子，最后猫被毒死，但在人打开盖子前，无从知晓猫的生死状况。薛定谔问：那只可爱的小猫到底是死了还是仍然活着？



图 2.2.2 **薛定谔的猫**

这个问题实际上与前面的“老婆老妈问题同时掉河里先救谁”问题同出一则，因为答案与揭开箱子盖子的检验者密切相关。实际上，无论是自然界还是人类社会，能够采用确定性科学回答的问题极少，大量的，或是为人类认识自然和人类社会需要，需应社会发展需要解决那些不确定性问题，这是一种科学系统发展的思想，是二十一世纪科学发展的主要方向，而组合思想和方法，则为这种科学的系统发展提供了有效的数学基础。

二、科学认识过程及其功用

什么是科学？科学是以人为核心，通过人对自然和人类社会的感知积累，认识自然和人类社会规律及逻辑推演，其功用在于理性认识自然，为人类适应自然，与自然协调发展提供分析判断和决策的理论根据。



图 2.2.3 **老子西出函谷关**

《道德经》第四十二章中，“道生一，一生二，二生三，三生万物”的思想，阐释了老子站在超人类高度看待宇宙万物产生的哲学思想。这当中，人类出现在“三生

万物”之后，即人类对自然的感知局限在“三”之后，那么，这当中的“二”来源于中国文化中对万物的理解，即“万物负阴而抱阳”；“一”则指万物“冲气以为和”的“和”，而“道”，则指“永恒法则”或“绝对真实”。

所以，科学来源于人的“眼、耳、口、鼻、舌、身”，即人的六根对自然规律的感知和推演。如上述，能够通过实践直接检验的结论，仅局限于人类感知的“万物”，而想究其宇宙本源，如涉及“宇宙法则”的研究，只能通过理性思维进行逻辑推演，这本身就是认识方面一个最大障碍。一方面，人对自然的认识很难是宇宙根本法则，《道德经》第一章阐释“道可道，非常道；名可名，非常名”，因为所有“名”是人类理解自然所赋，故所有“名”皆局限；另一方面，对“宇宙法则”的认识无法通过直接实践检验。所以，很难有一种人类的科学可以“放之四海皆准”。但人类认识世界的根本在于“从已知认识不知”，这也正是《道德经》“有无混成，相辅相依”的深刻含义。注意，“万物”产生于“无“，即“无中生有”，这里的“有”指人类能够认识到的事物，“无”指人类尚不能认识的事物。科学的本质在于由“有”认识“无”，进而给其名，定其态，预测其势而服务于人类社会。但这种认识，实际上也是“仁者见仁，智者见智”，这就犹如“盲人摸象”，人类认识自然，实际上等同于“盲人摸象”寓言蕴含的哲学道理：



图 2.2.4 **盲人摸象**

盲人摸象: 很久以前，有六位盲人听别人说起大象如何神奇，想知道大象长得什么样子。一天，在这六个盲人恳求下，一位邻人牵来一头大象让六位盲人感知：

第一位盲人摸到了大象牙齿，“我知道了，大象就像一个又大、又粗、又光滑的大萝卜!”

第二位盲人摸到了大象的鼻子，“不对，不对，大象是根管子么!”

第三位盲人摸到了大象的耳朵，“不对，不对! 大象是一把大蒲扇嘛!”

第四位盲人摸到了大象的肚子，“怎么摸的? 大象明明是一堵墙吗!”

第五位盲人摸到了大象的大腿，“净瞎说，大象是根大柱子!”

第六位盲人摸到了大象的尾巴,“唉，你们都不对，大象不过是一根草绳子!”

这六个盲人争吵不休，都说自己摸到的才是真正大象的样子。这时，边上一位智者说:“你们不要争了，都对! 之所以你们每个人说的大象不一样，是因为你们每个人摸到的是大象身体的不同部位!”

“盲人摸象”这个寓言，一方面阐释了人类认识自然的局限性，即人类认识自然形成的科学知识带有片面性；另一方面也阐释了认识事物的系统、整体或全局性的重要性。那么，要纠正个别人类那种片面的认识，判断“大象”本来面目的正确认识方法，实际上应是一种“包容”的方法，正如那位智者所说的，六位盲人对大象的认识都对，也就是说，

$$\begin{aligned}大象 &= \{\text{ 牙齿 }\}\bigcup\{\text{ 鼻子 }\}\bigcup\{\text{ 耳朵 }\}\bigcup\{\text{ 肚子 }\}\bigcup\{\text{ 腿 }\}\bigcup\{\text{ 尾巴 }\}\cdots\\ &= \{\text{ 大萝卜 }\}\bigcup\{\text{ 管子 }\}\bigcup\{\text{ 蒲扇 }\}\bigcup\{\text{ 墙 }\}\bigcup\{\text{ 柱子 }\}\bigcup\{\text{ 草绳 }\}\cdots,\end{aligned}$$

但这样的认识，总让人感觉太肤浅，但人类的认识过程实际上确实如此，即认识的是事物反映到人的象，是性质或特征的集合，而且这种集合，因认识方法不一还不一定完全。

定义 2.1([10],[18]) 对于任意给定的整数 $n \geq 1$，设 $S_1, S_2, \cdots, S_n$ 是 n 个两两不同的数学系统，一个 Smarandache 重空间定义为 $\widetilde{S} = \bigcup\limits_{i=1}^{n} S_i$。

(1) **双群**: 设 $(G_1; \circ), (G_2; \bullet)$ 是两个不同的群，则其组成的重空间称为双群，记为 $(G_1 \bigcup G_2; \{\circ, \bullet\})$.

换言之，一个双群是在一个集合 G 上定义了两种代数运算 $\{\circ, \bullet\}$，设 $G_\circ \subset G, G_\bullet \subset G$ 为 G 中对运算 $\circ$ 或 $\bullet$ 封闭的子集，则 $(G_\circ; \circ), (G_\bullet; \bullet)$ 是两个群，且 $G = G_\circ \bigcup G_\bullet$。特别地，如果 $(G; \circ)$ 是交换群，其单位元记为 0，$(G \setminus \{0\}; \bullet)$ 为群，且满足分配律：

对任意 $x, y, z \in G$，有 $x \bullet (y \circ z) = (x \bullet y) \circ (x \bullet z)$ 和 $(y \circ z) \bullet x = (y \bullet x) \circ (z \bullet x)$，则一个双群就是一个代数体。更进一步，如果 $(G \setminus \{0\}; \bullet)$ 也是一个交换群，且满足上述分配律，一个双群就是一个代数域。

由此可以看出，双群是经典代数群、体、域的推广，而这当中的区别，在于是否定义了分配律，以及对运算封闭的集合 $G_\circ, G_\bullet$。

(2) **双环**: 设 $(R_1; \{+_1, \circ_1\}), (R_2; \{+_2, \circ_2\})$ 是两个不同的环，则其对应的重空间定义为双环 $(R_1 \bigcup R_2; \{+_1, \circ_1\} \hookrightarrow \{+_2, \circ_2\})$。

一般地，对任意整数 $n \geq 2$，我们还可定义 n 重群、n 重环等，并由此讨论其代数结构。近些年，国际上一些学者主要在讨论双群、双环结构，以及由此引申的一些双运算代数结构。

对于 $n = 2$ 的 Smarandache 重空间，其重点在于要求其构成数学系统的不同，这种系统同时也是一种矛盾系统，一般定义如下：

定义 2.2([11]) 一个定义于数学系统 $\sum$ 上的规则称为 Smarandache 否定的，若其在同一个系统 $\sum$ 中同时表现出成立或不成立，或以两种以上方式表现不成立。

一个含有 Smarandache 否定规则的系统称为 Smarandache 系统，特别地，当 $\sum$ 是几何空间时，对应的几何称为 Smarandache 几何。

Smarandache 几何是一种包含矛盾规则的几何 ([7], [9]-[11], [17])，即一个规则可以既成立又不成立，或者以多种方式不成立，即仅在局部空间上成立，是一种冲破传统观念的几何，这在经典数学中是不愿意接受的，总觉得这是一种包含矛盾的体系。经典数学喜好考虑那些具有均匀性质的系统或空间，当然，这与人们的心灵感应相呼应，认为万事万物是均匀的、完美的，但殊不知这种均匀的数学系统或几何无论在自然界，还是在人类社会均不可能存在，只能是一种数学上的理想结果或真实结果的近似。

从另一方面讲，数学发展正是由解决矛盾、化解矛盾推动的. 这方面的典型代表是非欧几何的创立。我们知道，欧氏几何由下面五条公设推演生成：

(1)从每个点到每个其他的点必定可以引直线；

(2)每条直线都可以无限延长；

(3)以任意点为中心，通过任何给定的另一点可以作一圆；

(4)所有直角都相等；

(5)过给定直线外的一点，恰存在一条直线与这条给定的直线不相交。

这里，最后一条公设通称为"欧氏第五公设"，人们一直觉得其不应该作为公设出现，因为它看上去实在应该是一个命题。为此，许多数学家致力于采用前四条公设证明第五公设，但一直没能成功。于是有人想用其他假设代替欧氏第五公设，检验得到的公理体系是否完备，是否存在矛盾。十九世纪，Lobachevshy 和 Bolyai、Riemann 分别采用不同的假设取代欧氏第五公设，并由此创立 Lobachevshy-Bolyai 几何和 Riemannian 几何。

他们采用的假设分别是：

L **假设**: 过给定直线外的一点，至少存在两条直线与给定的直线不相交。

R **假设**: 过给定直线外的一点，不存在直线与给定的直线不相交。

Riemann 假设得到重视的原因在于由此可以建立 Riemannian 几何，后者被 Einstein 用为其相对论中的引力时空，即把引力看作 Riemannian 空间的曲率，进而刻画引力场。由定义 2.2 不难看出, Smarandache 几何是 Lobachevshy-Bolyai 几何和 Riemannian 几何的进一步推广。它是否存在呢？答案是肯定的!

举一个简单例子如下：

例 2.1 设 A、B、C 是平面上不共线的三个点，如图 2-2 所示。考虑一个几何空间，其点与通常的欧式几何中的点相同，但直线 $\sum$ 为平面上通过且仅通过 A、B、C 中一点的直线构成的集合。

则这个几何就是 Smarandache 几何，理由如下：

(1) 欧氏几何中的第 1 条公设“从每个点到每个其他的点必定可以引直线”不再成立，取而代之的是“通过任意两个点存在一条直线或没有直线。”例如在图 2.2.5(a) 中，D、C、E 三个点共线，故过 D、E 两点就存在唯一一条直线 l_1，但经过 F、G 两个点，$\sum$ 中就不存在经过这两个点的直线。

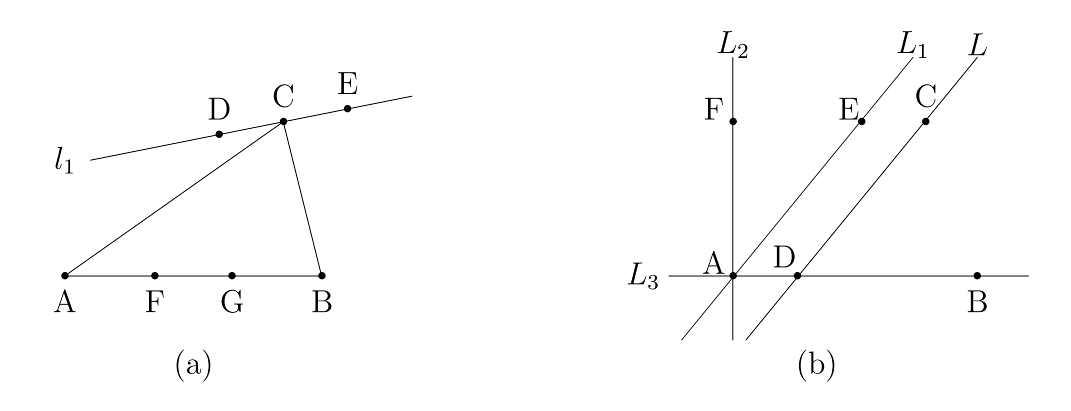


图 2.2.5 **一个** Smarandache **几何例子**

(2) 欧氏几何中的第 5 条公设“过给定直线外的一点，恰存在一条直线与给定的直线不相交”不再成立，取而代之的是“过给定直线外的一点，存在或者不存在一条直线与给定的直线不相交”。例如图 2.2.5(b) 中，L 是经过点 C 和 AB 连线上的一点 D 的直线且 AE 平行于 CD，则经过 E 点 $\sum$ 中存在一条平行于 L 的直线 L_1，但经过不在 AE 连线上的点 F，则 $\sum$ 中就不存在平行于 L 的直线，即过点 A、F 的直线 L_2 一定与 L 相交。

最先构造 Smarandache 几何的工作由 Iseri 在本世纪初完成，他利用平面欧氏几

何系统, 构造出了一系列平面 Smarandache 几何, 例如悖论几何、非几何、反射影几何和反几何等, 见他于 2002 年出版的专著 [6]。一般性地在曲面上构造 Smarandache 2- 流形, 即地图几何的工作由作者在 2004-2006 年, 借助于曲面地图的工作完成, 先后在曲面上构造出了悖论几何、非几何、反射影几何和反几何等, 并于 2007-2009 年一般性地构造 Smarandache n- 流形, 见 [10]-[13], 感兴趣的同志可以查阅上述文献, 以进一步研究。

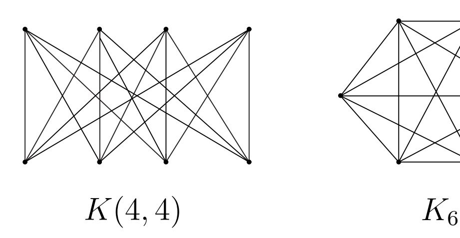
三、数学组合

联系, 指事物之间相互影响、相互制约的关系, 是一种最普遍的哲学观点。采用系统科学思想, 即 Smarandache 重空间研究事物时, 事物间联系表现的抽象数学结构是拓扑图及其在空间中的行为。

(一)抽象图

一个抽象图实际上是集合上二元关系的一种图示, 分为有限图和无限图两种。本文只讨论有限图, 对无限图感兴趣的人可以查阅有关文献。

设 V 是一个有限集合, $E \subset V \times V$, 则二元对 (V, E) 就定义为一个图G, 并称 V 为顶点集合, E 为边集合。有时, 为强调是图 G 的顶点集或边集, 上述符号也记成 $V(G)$ 和 $E(G)$ ([1],[3])。对于一个给定的图 G, 把其顶点对应为平面上的拓扑点, 两个点之间的边对应为连接两个拓扑点之间的曲线, 则就可以得到一个图在平面上的图解。例如, 图 2.2.6 中给出了完全二部图 $K(4,4)$ 和完全图 K_6 的图解。



$K(4,4)$ K_6

图 2.2.6 两个图例

给定两个图 $G_1 = (V_1, E_1), G_2 = (V_2, E_2)$, 称它们同构, 指的是存在一个 1-1 映射 $\phi : V_1 \to V_2$ 使得 $\phi(u, v) = (\phi(u), \phi(v))$, 这里, (u, v) 为图 G_1 的一条边。实际上, 两个同构的图, 仅是标记不同, 其组合结构完全一致。例如, 图 2.2.7 中给出的两个图, 就是两个同构图。

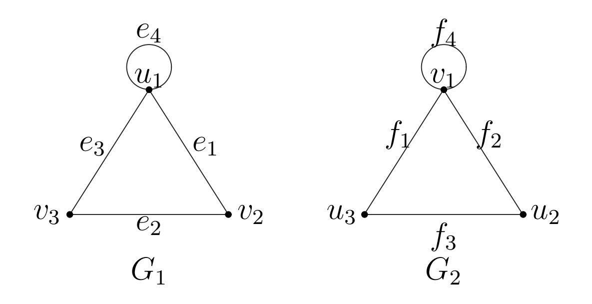


图 2.2.7 **两个同构图**

一个图性质 $\mathscr{P}$, 指的是一个图集合

$$\mathscr{P} = \{G_1, G_2, \cdots, G_n, \cdots\}$$

且满足在图同构 ϕ 变换下不变, 即对任意 $G \in \mathscr{P}$ 有 $G^{\phi} \in \mathscr{P}$。由此可以讨论图的连通性、嵌入性、遍历性, 如哈密顿图、欧拉图等, 以及确定图的一些基本参数, 如连通度、独立数、控制数, 特别是图的自同构群及其作用等。这方面的基础知识, 可以参考国内外出版的一些课本, 例如邦迪和莫迪合著的 [1], 以及 Gary Chartrand 和 Linda Lesniak 合著的 [3] 等。

(二) 拓扑图

拓扑图是一个抽象图在拓扑空间的嵌入。设 G 是一个图, S 是一个拓扑空间, 则一个拓扑图, 指的是一个连续的 1-1 映射 $\tau : G \to S$, 使得边与边之间最多在顶点交叉 ([5])。当空间维数大于等于 3 时, 上述图的嵌入可以实现为直线段嵌入, 即要求所有的边嵌入到高维空间后均为直线段, 这就是下面这个定理:

定理 3.1([10]) 任意一个 n 阶简单图可以直线嵌入到欧氏空间 $\mathbf{R}^n, n \geq 3$。

证明 实际上仅需证明 $n = 3$ 的情形。对给定的图 G, 在空间曲线 (t, t^2, t^3) 上选择 n 个点 $(t_1, t_1^2, t_1^3), (t_2, t_2^2, t_2^3), \cdots, (t_n, t_n^2, t_n^3)$, 这里, $t_1, t_2, \cdots, t_n$ 是 n 个不同实数。则可以验证, 对于不同的整数 $i, j, k, l,\ 1 \leq i, j, k, l \leq n$, 如连接点 (t_i, t_i^2, t_i^3) 和 (t_j, t_j^2, t_j^3) 的直线与连接点 (t_k, t_k^2, t_k^3) 和 (t_l, t_l^2, t_l^3) 的直线相交, 则必有

$$\begin{vmatrix} t_k - t_i & t_j - t_i & t_l - t_k \\ t_k^2 - t_i^2 & t_j^2 - t_i^2 & t_l^2 - t_k^2 \\ t_k^3 - t_i^3 & t_j^3 - t_i^3 & t_l^3 - t_k^3 \end{vmatrix} = 0,$$

这样就有整数 $s, f \in \{k, l, i, j\}$ 使得 $t_s = t_f$, 与 $t_1, t_2, \cdots, t_n$ 是 n 个不同实数的取法矛盾。 $\square$

由于高维空间存在直线嵌入，相对简单，于是拓扑图论更多的关注图在曲面上的 2- 胞腔嵌入，即从曲面 S 上去掉图 G 后，剩下的曲面块均拓扑同胚于一个 2- 维开圆盘，及顶点集 $\{(x_1,x_2)|x_1^2+x_2^2<1\}$。

什么是曲面？一个紧致无界的 2- 维流形称为曲面([9])。图 2.2.8 中，给出了球面和环面。

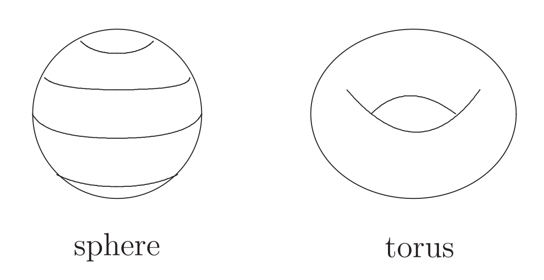


图 2.2.8 **球面和环面**

任意一个曲面可以表示为一个边两两成对多边形的粘合空间，即曲面可以表示为偶数边多边形的字符串 S，使得每个字符在 S 中恰出现两次。图 2.2.9 中，给出了环面和 Klein 瓶的多边形表示。

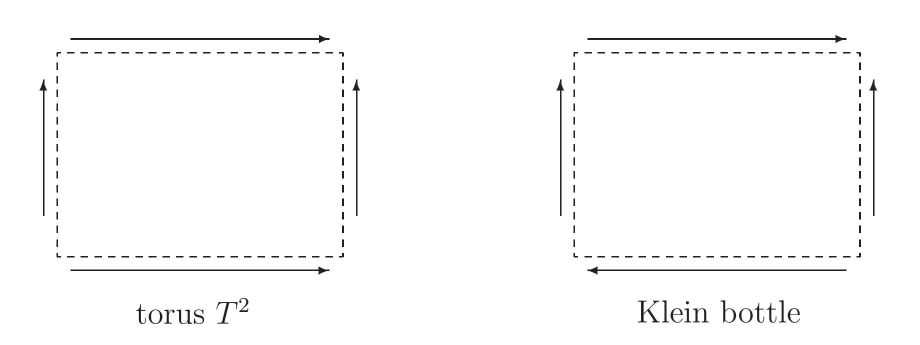


图 2.2.9 **环面和** Klein **瓶多边形表示**

拓扑学中著名的曲面分类定理表明，任何一个曲面拓扑同胚于球面，或是 p 个环面的连通和，或是 q 个射影平面的连通和，即下面这个定理。

定理 3.2([8],[9]) 任何一个曲面同胚于下面三种标准曲面之一:

(P_0) 球面: aa^{-1};

(P_n) $n, n\geq 1$ 个环面的连通和:

$$a_1b_1a_1^{-1}b_1^{-1}a_2b_2a_2^{-1}b_2^{-1}\cdots a_nb_na_n^{-1}b_n^{-1};$$

(Q_n) $n, n \geq 1$ 个射影平面的连通和:

$$a_1a_1a_2a_2\cdots a_na_n.$$

一个曲面称为可定向的, 若沿着其上任何一条闭合曲线走一圈后其法向量与其起步时方向相同; 反之, 若与起步时方向相反, 则称为不可定向。一个曲面的 Euler 亏格 $\chi(S)$, 即

$$\chi(S)=\begin{cases} 2, & \text{if } \mathcal{S}\sim_{El} S^2,\\ 2-2p, & \text{if } \mathcal{S}\sim_{El} \underbrace{T^2\#T^2\#\cdots\#T^2}_{p},\\ 2-q, & \text{if } \mathcal{S}\sim_{El} \underbrace{P^2\#P^2\#\cdots\#P^2}_{q}.\end{cases}$$

这当中的整数 p 称为可定向曲面亏格, 记为 $\gamma(S)$, 球面的亏格定义为 $\gamma(S)=2$, q 称为不可定向亏格, 记为 $\overline{\gamma}(S)$。图 2.2.10 所示即为完全图 K_4 在 Klein 瓶上的一个 2- 胞腔嵌入。

图的一个嵌入也称为地图。注意, 地图上任意一条边可以定义侧, 由此, 经 Tutte 等人证明, 地图可以采用代数方法给出.

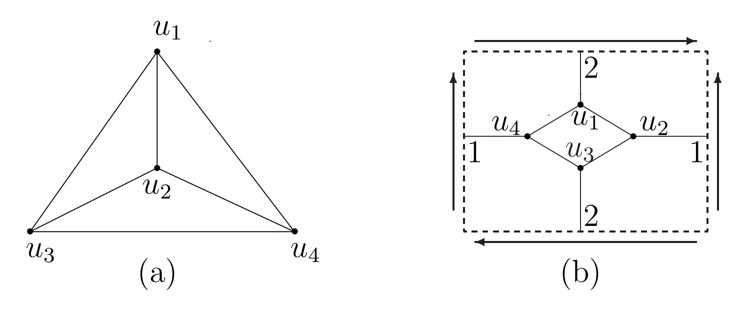


图 2.2.10 K_4 **在** Klein **瓶上的一种嵌入**

定义 3.1([8],[9]) 一个地图 $M=(X_{\alpha,\beta},\mathcal{P})$, 定义为在基础集合 X 的四元胞腔 $Kx, x\in X$, 的无公共元的并集 $X_{\alpha,\beta}$ 上的一个基本置换 $\mathcal{P}$, 且满足下面的公理 1 和公理 2, 这里 $K=\{1.\alpha,\beta,\alpha\beta\}$ 为 Klein 4- 元群, 所谓 $\mathcal{P}$ 为基本置换, 即不存在正整数 k, 使得 $\mathcal{P}^kx=\alpha x$。

公理 1: $\alpha\mathcal{P}=\mathcal{P}^{-1}\alpha$;

公理 2: 群 $\Psi_J=\langle\alpha,\beta,\mathcal{P}\rangle$ 在 $X_{\alpha,\beta}$ 上可传递。

注意, 这里的公理 1 保证了 $\mathcal{P}$ 可以分解为共轭循环的乘积, 公理 2 保证了地图的连通性。这样, 拓扑嵌入问题在一定程度上就化为了一类代数置换问题, 其中

的共轭循环定义为顶点，而 $\mathcal{P}\alpha\beta$ 中的共轭循环定义为面。例如，完全图 K_4 在环面上的嵌入

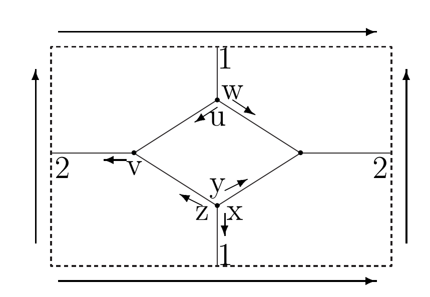


图 2.2.11 K_4 **嵌入于环面**

就可以表示为代数形式 $(\mathscr{X}_{\alpha,\beta},\mathcal{P})$, 这里，$\mathscr{X}_{\alpha,\beta}=\{x,y,z,u,v,w,\alpha x,\alpha y,\alpha z,\alpha u,\alpha v,$ $\alpha w,\beta x,\beta y,\beta z,\beta u,\beta v,\beta w,\alpha\beta x,\alpha\beta y,\alpha\beta z,\alpha\beta u,\alpha\beta v,\alpha\beta w\}$,

$$\begin{aligned}\mathcal{P} &= (x,y,z)(\alpha\beta x,u,w)(\alpha\beta z,\alpha\beta u,v)(\alpha\beta y,\alpha\beta v,\alpha\beta w)\\ &\times (\alpha x,\alpha z,\alpha y)(\beta x,\alpha w,\alpha u)(\beta z,\alpha v,\beta u)(\beta y,\beta w,\beta v).\end{aligned}$$

其顶点集为

$$u_1=\{(x,y,z),(\alpha x,\alpha z,\alpha y)\},\qquad u_2=\{(\alpha\beta x,u,w),(\beta x,\alpha w,\alpha u)\},$$
$$u_3=\{(\alpha\beta z,\alpha\beta u,v),(\beta z,\alpha v,\beta u)\},\qquad u_4=\{(\alpha\beta y,\alpha\beta v,\alpha\beta w),(\beta y,\beta w,\beta v)\},$$

边集为 $\{e,\alpha e,\beta e,\alpha\beta e\}$, where, $e\in\{x,y,z,u,v,w\}$。所谓标根地图，指的就是事先标定一个四元胞腔元 $r\in Kx$ 的地图。利用公理 1 和 2，可以很容易证明标根地图的自同构群是平凡群 1_M。

关于图在曲面上的嵌入或地图，主要有两类问题：

问题 1: 给定一个图 G 和可定向或者不可定向曲面 S, G 是否可以嵌入 S?

这类问题已由下面这个定理回答：

定理 3.3([5]) 对任意一个连通图 G, 其可嵌入的可定向曲面与不可定向曲面亏格均为整数区间，即若 $GR^O(G)$, $GR^N(G)$ 分别为 G 可嵌入的定向曲面和不可定向曲面亏格，则

$$GR^O=[\gamma(G),\gamma_M(G)],\qquad GR^N(G)=[\overline{\gamma}(G),\beta(G)],$$

这里, $\beta(G)=|E(G)|-|V(G)|+1$。

从定理 3.3 可以看出，图的不可定向最大亏格由图的参数直接确定，所以，研究图的可嵌入问题，集中在确定其可嵌入曲面的最小亏格和可定向最大亏格，即 $\gamma(G), \overline{\gamma}(G)$ 和 $\gamma_M(G)$，其中确定 $\gamma(G), \overline{\gamma}(G)$ 是相当困难的，目前仅针对一些特殊图类，如完全图 K_n，完全二部图 $K(m,n)$ 确定了其亏格。

问题 2: 给定一个曲面 S，图 G 在曲面 S 上有多上个不同构的嵌入？或者一般地，对于给定的参数，如定点数、边数等，S 上有多少个不同构的嵌入或标根、不标根地图？

这类问题称为嵌入或不标根地图计数问题。定义图 G 的可定向、不可定向嵌入多项式为

$$g[G](x) = \sum_{i \geq 0} g_i(G)x^i, \qquad \widetilde{g}[G](x) = \sum_{i \geq 0} \widetilde{g_i}(G)x^i$$

这里，$g_i(G), \overline{g}_i(G)$ 为图 G 在亏格为 $\gamma(G)+i-1$ 和 $\overline{\gamma}(G)+i-1$ 上的嵌入数。目前仅针对一些特殊的图类，如环束、梯图等确定了嵌入多项式。利用 Bunside 引理，可以很容易证明给定一个连通的简单图 G，其在曲面上的所有不同构标根可定向地图数 $r^O(G)$ 为：

$$r^O(G) = \frac{2\varepsilon(G) \prod\limits_{v \in V(G)} (\rho(v)-1)!}{|\mathrm{AutG}|},$$

这里，$\rho(v)$ 为顶点 v 的次数，$\mathrm{Aut}G$ 为图 G 的自同构群。例如，完全图 K_n、完全二部图 $K(m,n)$ 在曲面上生成的可定向标根地图数分别为

$$(n-2)!^{n-1}, \quad 2(m-1)!^{n-1}(n-1)!^{m-1} \ (m \neq n), \quad (n-1)!^{2n-2}.$$

完全图 $K_n, n \geq 4$ 在曲面上生成的不标根可定向地图数为： $n^O(K_4) = 3$，且若 $n \geq 5$ 则有

$$n^O(K_n) = \frac{1}{2}\Big(\sum_{k|n} + \sum_{k|n, k \equiv 0 (mod 2)}\Big)\frac{(n-2)!^{\frac{n}{k}}}{k^{\frac{n}{k}}(\frac{n}{k})!} + \sum_{k|(n-1), k \neq 1} \frac{\phi(k)(n-2)!^{\frac{n-1}{k}}}{n-1}.$$

（三）点 - 边标号拓扑图

设 G 是一个拓扑图，L 是一个集合。G 上一个标号 $\theta_L: V(G) \bigcup E(G) \to L$，即采用 L 中的元对 G 的顶点和边进行标记，例如，图 2.2.12 中，采用整数 $\{1,2,3,4\}$ 对 K_4 进行了标定。

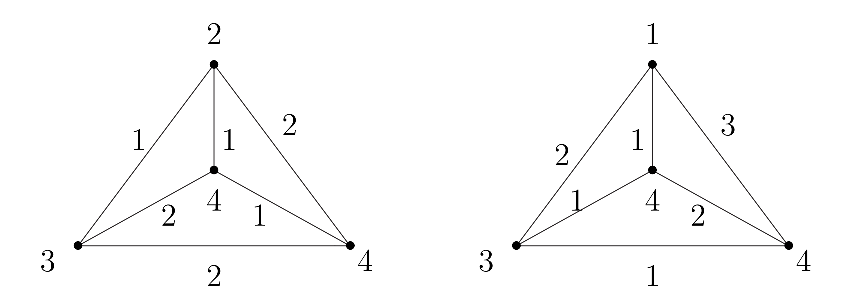


图 2.2.12 **标号图**

两个点 - 边标号拓扑图 $G_1^{L_1}, G_2^{L_2}$ 称为等价的，如存在一个同构 $\tau: G_1 \to G_2$ 使得对任意 $x \in V(G_1)\bigcup E(G_1)$，有 $\tau\theta_{L_1}(x) = \theta_{L_2}\tau(x)$。

点 - 边标号拓扑图可以作为 Smarandache 重空间 $\widetilde{S} = \bigcup\limits_{i=1}^{n} S_i$ 的一种组合拓扑结构，这种点 - 边标号拓扑图 $G[\widetilde{S}]$ 定义如下 ([11],[12])：

$$V(G[\widetilde{S}]) = \{S_1, S_2, \cdots, S_n\},$$
$$E(G[\widetilde{S}]) = \{(S_i, S_j), S_i \bigcap S_j \neq \emptyset,\ 1 \leq i, j \leq n\},$$

并用集合 $S_i, 1 \leq i \leq n$ 标记定点，$S_i \bigcap S_j$ 标记边 $(S_i, S_j) \in E(G[\widetilde{S}])$。例如，对于大象，记 $a = \{$ 牙齿 $\}$，$b = \{$ 鼻子 $\}$，$c_1, c_2 = \{$ 耳朵 $\}$，$d = \{$ 象头 $\}$，$e = \{$ 脖子 $\}$，$f = \{$ 肚子 $\}$，$g_1, g_2, g_3, g_4 = \{$ 腿 $\}$，$h = \{$ 尾巴 $\}$，则其拓扑结构见图 2.2.13.

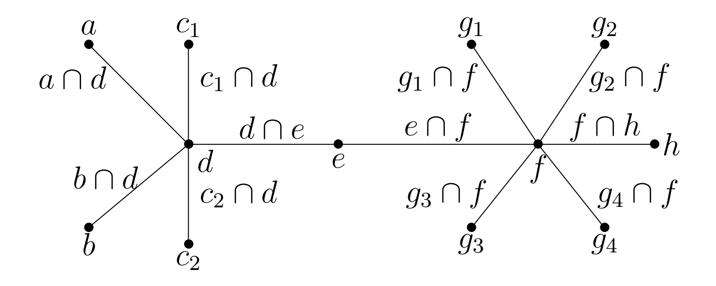


图 2.2.13 **大象的拓扑结构**

大象这种拓扑结构与大象的实际形状很不相符. 那么，怎样由图 3-8 的组合结构，从几何上将其逐渐演变成一个类似于大象的形状呢？一种自然地想法是，首先，将图 2.2.13 中每个顶点采用 2- 维圆盘取代，这样得到平面大象的雏形见图 2.2.14.

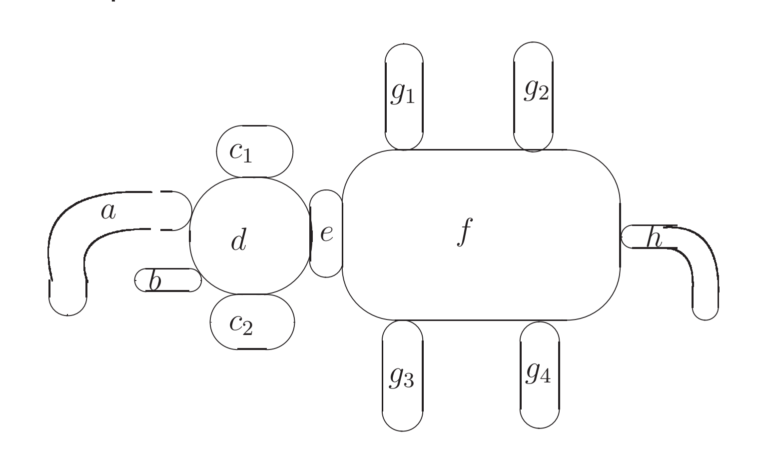


图 2.2.14 **平面大象**

接下来，可以进一步将图 2.2.13 中组成大象的每一组件由平面膨胀成一个 3-维球体，并进行局部修饰，这样就得到自然界一个真实的大象，见图 2.2.14.

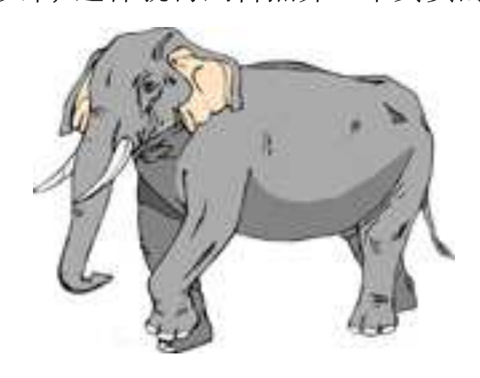


图 2.2.14 3- **维大象**

（四）高维拓扑图

上面那种由一个 1- 维拓扑图变为 2- 维拓扑图，然后变为 3- 维拓扑图，得到我们见到的真实大象形状的做法，实际上可以进行一般数学抽象，得到 n- 维拓扑图 ([13]-[15])，定义如下:

定义 3.2([11],[14]) 一个具有 1- 维拓扑图 G 结构的拓扑空间称为 d- 维拓扑图，记为 $\widetilde{M}^d[G]$，如果满足

(1)$\widetilde{M}^d[G]\backslash V(\widetilde{M}^d[G])$ 是有限个开集 $e_1, e_2, \cdots, e_m$ 的并，其中每个 e_i, $1 \leq i \leq m$ 同胚于 d- 维开球 B^d;

(2)对任意整数 $1 \leq i \leq m$，边界 $\overline{e}_i - e_i$ 由一个或者两个 d- 维球 B^d 组成，且二元组 $(\overline{e}_i, e_i)$ 同胚于二元组 $(\overline{B}^d, S^{d-1})$。

类似地，如果一个 d- 维拓扑图的 1- 维拓扑图为树，即其上没有闭路径，则称该 d- 维拓扑图为d- 维树。则有下面这个关于 d- 维拓扑图基本群的结论。

定理 3.4([11],[14]) 对任意一个 d- 维拓扑图 $\widetilde{M}^d(G)$, 有 $\pi(\widetilde{M}^d(G)) \simeq \pi_1(G, x_0)$, $x_0 \in G$, 特别地，对于任意一棵 d- 维树，$\pi^k(\widetilde{M}^d(G)) \simeq \mathbf{1}_G$, $1 \le k \le d$.

基本群为平凡群的拓扑空间称为单连通空间，由定理 3.4 知，任意一棵 d- 维树是单连通空间。俄罗斯的 Perelman 因成功解决 Poincare 猜想，于 2010 年获得菲尔斯数学大奖。这里，他证明了每个单连通的 3- 流形同胚于 S^3, 利用这个结果，我们可以得到下面这个关于单连通 3- 流形的结构性定理：

定理 3.5([14]) 每个单连通的 3- 流形是一棵 3- 维树。

类似地，可以考虑光滑的 d- 维拓扑图，即在 d- 维拓扑图上引入微分结构，如张量场及其上的联系、曲率等微分几何概念，特别地，采用坐标计算组合 Riemannian 流形 (一种高维拓扑图) 上的曲率张量 $\widetilde{R}$, 得到如下结果：

定理 3.6([13]) 设 $\widetilde{M}$ 为一个有限组合流形，$\widetilde{R} : \mathscr{X}(\widetilde{M}) \times \mathscr{X}(\widetilde{M}) \times \mathscr{X}(\widetilde{M}) \times \mathscr{X}(\widetilde{M}) \to C^\infty(\widetilde{M})$ 为一个组合流形上的曲率张量。则对 $\forall p \in \widetilde{M}$, 其坐标取 $(U_p; [\varphi_p])$, 有 $\widetilde{R} = \widetilde{R}_{(\sigma\varsigma)(\eta\theta)(\mu\nu)(\kappa\lambda)} dx^{\sigma\varsigma} \otimes dx^{\eta\theta} \otimes dx^{\mu\nu} \otimes dx^{\kappa\lambda}$, 这里，

$$\begin{aligned}\widetilde{R}_{(\sigma\varsigma)(\eta\theta)(\mu\nu)(\kappa\lambda)} &= \frac{1}{2}\left(\frac{\partial^2 g_{(\mu\nu)(\sigma\varsigma)}}{\partial x^{\kappa\lambda}\partial x^{\eta\theta}} + \frac{\partial^2 g_{(\kappa\lambda)(\eta\theta)}}{\partial x^{\mu\nu\nu}\partial x^{\sigma\varsigma}} - \frac{\partial^2 g_{(\mu\nu)(\eta\theta)}}{\partial x^{\kappa\lambda}\partial x^{\sigma\varsigma}} - \frac{\partial^2 g_{(\kappa\lambda)(\sigma\varsigma)}}{\partial x^{\mu\nu}\partial x^{\eta\theta}}\right) \\ &+ \Gamma^{\vartheta\iota}_{(\mu\nu)(\sigma\varsigma)}\Gamma^{\xi o}_{(\kappa\lambda)(\eta\theta)} g_{(\xi o)(\vartheta\iota)} - \Gamma^{\xi o}_{(\mu\nu)(\eta\theta)}\Gamma_{(\kappa\lambda)(\sigma\varsigma)^{\vartheta\iota}} g_{(\xi o)(\vartheta\iota)},\end{aligned}$$

且 $g_{(\mu\nu)(\kappa\lambda)} = g(\frac{\partial}{\partial x^{\mu\nu}}, \frac{\partial}{\partial x^{\kappa\lambda}})$。

四、理论物理

物理研究，局限于人类的可视空间，因为只有在人类可视空间中，相关的结论才可以借助于实际进行证实或证伪。

（一）物理时空

时间与空间是什么关系？在 Einstein 之前，研究人员一般采用 Newton 的时空观，认为时间与空间是两种不同的参照物。空间度量粒子位置，时间度量粒子变化进程，即采用绝对时空观认识物质，其度量粒子的时空模型为 $((x_1, x_2, x_3)|t)$, 此时对于两个事件 $A_1 = (x_1, x_2, x_3|t_1)$ 和 $A_2 = (y_1, y_2, y_3|t_2)$, 其时空间隔为

$$\triangle(A_1, A_2) = \sqrt{(x_1 - y_1)^2 + (x_2 - y_2)^2 + (x_3 - y_3)^2}.$$

然而，Einstein 的相对论表明时间与空间密不可分，于是有相对时空观，即 $\mathbf{R}^4$。对于相对时空中的两个事件 $B_1=(x_1,x_2,x_3,t_1)$ 和 $B_2=(y_1,y_2,y_3,t_2)$，其时空间隔为

$$\triangle^2 s=-c^2\triangle t^2+\triangle^2(B_1,B_2),$$

这里，c 为光速，从而出现过去、现在和将来的如下图像：

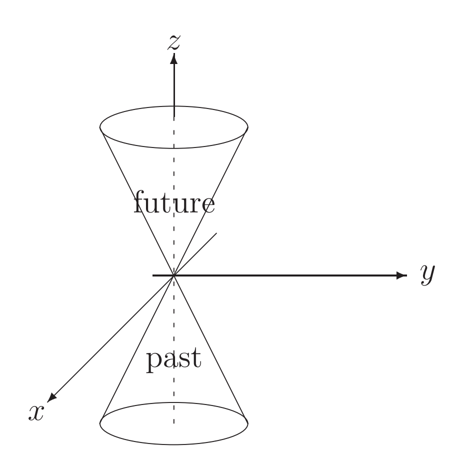


图 2.2.15 **过去、现在与未来**

相对时空的极限状态为平直时空，即 Minkowskian 空间，其对应的线元为

$$d^2s=\eta_{\mu\nu}dx^\mu dx^\nu=-c^2dt^2+dx^2+dy^2+dz^2,$$

这里，$\eta_{\mu\nu}$ 为 Minkowskian 度量，定义为

$$\eta_{\mu\nu}=\begin{bmatrix}-1&0&0&0\\0&1&0&0\\0&0&1&0\\0&0&0&1\end{bmatrix}.$$

我们知道，时间是人类用以描述物质运动过程或事件发生过程的一个参数，其物理学含义是事件发生到结束的时刻间隔。但时间本质是什么？学术界有争论：

观点 1: 时间是人类为认识事件而设置的参数，与时间本身没有关系。

这种观点，实际上就是绝对时空观点。

观点 2: 时间虽是人类为认识而设置的一个参数，但它与时间本身不可分离。

这种观点就是相对时空观点，也是 Einstein 相对论观点，代表当代物理学界的主流观点。在这种观点下，认为时间是有起源的，即由 Einstein 引力场方程出发，建立的宇宙大爆炸模型中，大爆炸那一刻是时间的开端。

这当中还有许多哲学问题需要进行深刻思考，就是时间究竟是事物固有属性还是人类额外添加？它的本质到底是什么？它与大爆炸产生的热、光以及其他效应的关系是什么？只有这类问题研究清楚，人类才能最终认识到时间的本质。

（二）广义相对论与 Einstein 引力场

科学研究中，如何跳出“当事者迷”而成为旁观者是一件十分困难的事情，Einstein 广义相对论的伟大，在于其跳出了人类认识，正如老子跳出人类认识而提出“道”同出一则。当然，Einstein 广义相对论可能任然是一个局部性认识结果，随着时间的推移而进一步改进。

Einstein 广义相对论的实质，是其关于物理定律提出的协变性原理 ([2])：

协变性原理： 一个物理定律的方程在所有坐标参照系中都不依赖于坐标系的选择，具有相同的表现形式。

注意，坐标系是人依据主观喜好建立的，所以，Einstein 的协变性原理阐述的，实际上就是“客观规律不以人的意志为转移”这一哲学思想的体现。为此，Einstein 在协变性原理基础上，利用微分几何 [4] 中的曲率张量建立引力场方程，即 ([2])

$$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2}g_{\mu\nu}R = \kappa T_{\mu\nu},$$

这里，$R_{\mu\nu} = R^{\alpha}_{\mu\alpha\nu} = g^{\alpha\beta}R_{\alpha\mu\beta\nu}$，$R = g^{\mu\nu}R_{\mu\nu}$ 分别为Ricci 张量, Ricci 曲率标量, $\kappa = 8\pi G/c^4 = 2.08 \times 10^{-48} cm^{-1} \cdot g^{-1} \cdot s^2$。在真空状态下，Einstein 引力场方程的球对称解 Schwarzschild 度规，即

$$ds^2 = \left(1 - \frac{2mG}{r}\right)dt^2 - \frac{dr^2}{1 - \frac{2mG}{r}} - r^2 d\theta^2 - r^2 \sin^2\theta d\phi^2.$$

在此基础上，应用宇宙学原理，即：当度量为 $10^4 l.y.$ 时，宇宙中任意点均相同，没有方向上的差异，Friedmann 在上世纪三十年代建立了标准宇宙模型，即

$$ds^2 = -c^2dt^2 + a^2(t)[\frac{dr^2}{1 - Kr^2} + r^2(d\theta^2 + \sin^2\theta d\varphi^2)],$$

并将宇宙分成类三类：

稳态宇宙： $da/dt = 0$;

收缩宇宙： $da/dt < 0$;

膨胀宇宙： $da/dt > 0$.

Hubble 在 1929 的观测表明，宇宙正处于膨胀阶段，由此产生了宇宙大爆炸假说，即：宇宙产生于 137 亿年前的一次宇宙大爆炸。

（三）组合宇宙

人类发现自然界中存在 4 种基本作用力，即引力、电磁力、强核力与弱核力等，Einstein 的相对论主要描写引力行为，而量子力学则是关于微观粒子间相互作用，即电磁力、强核磁力、弱核磁力等。

许多物理学家，包括 Einstein 本人一直致力于统一这四种基本作用力，即统一相对论和量子力学，建立物理学的大统一理论，也就是文献中经常出现的*Theory of Everything*，但问题一直没有得到解决，其的难点在于广义相对论是关于宏观宇宙理论，如银河系、太阳系、黑洞等，其假设物质是连续分布的；而量子力学则是关于微观宇宙理论，如电子、质子、中子等，其假设物质是离散分布的。随着问题研究的深入，人类认识领域也出现了一些新问题，例如：

宇宙是唯一的吗？如果不唯一，有多少个宇宙？为什么人类看不到其他宇宙？人类生活其中的宇宙的维数等于多少？真是 3 维吗？如果宇宙产生于大爆炸，那么大爆炸之前是什么？真是空间一无所有吗？当然，这里的“一无所有”指的是在人类看来“一无所有”。......

二十世纪末出现的弦理论为解决上述问题奠定了基础。这一理论假设粒子不是质点而是维数不同的 p-膜，即沿着 p 个方向有长度的子空间，这里 p 是一个正整数，膜本身有弹性，类似一根琴弦作弹性运动。

同时，弦理论为宇宙创生作出了一幅有趣的场景：

宇宙创生时是一个空间维数为 11 维空间。大爆炸后，其中 4 个方向维在急剧的扩张、延伸，而另外 7 个方向维则在急剧卷曲、缩小，这样形成我们今天看得到的 4 维宏观宇宙和看不见的 7 维微观宇宙。4 维宏观宇宙内的作用力符合 Einstein 引力场方程，而 7 维微观宇宙内的作用力符合迪拉克方程，由此可知，弦理论的时空是一个在每个点卷曲一个 7 维空间 $\mathbf{R}^7$ 的 4 维空间 $\mathbf{R}^4$。

弦理论实际上是在广义相对论基础上发展的一种数学组合理论，人类现有技术无法对其证实或证伪，所以，弦理论虽然是近三十年物理学界的研究主流，但不时有反对声音，认为它不是一种真正的物理理论，不过弦理论再次开拓了人类的思想领域，为认识宇宙本来面目指出了一个方向。

这当中，急需要解决的认识问题，是怎样观测空间维数 ≥ 4 的事物行为，因为人类目前的观测技术仅限于 3- 维空间，在 3- 维空间中实现。类似于盲人对大象的

认识过程，一种最直接的思想，是把不同的观测结果组合起来，进而形成对事物的整体认识，即组合 3- 维空间，即平行观测，进而模拟其行为。图 2.2.16 中给出了 K_4 上平行观测模型的一个例子 ([9]-[11])。

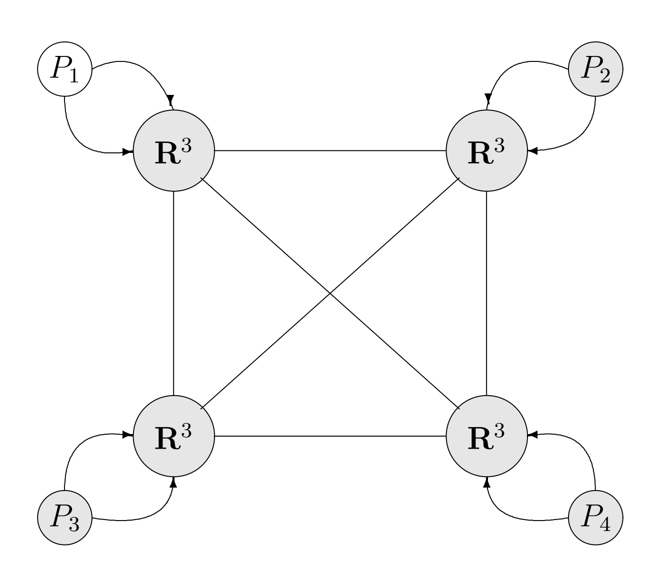


图 2.2.16 **平行观测**

注意，这里 $\mathbf{R}^3\bigcap\mathbf{R}^3$ 不是通常理解的 3- 维空间，其维数可以为 1 维、2 维或 3 维，这样，就可以应用其于高维空间观测。例如，考虑 m 个 3- 维空间组合，设 $V(G)=\{u,v,\cdots,w\}$，则可以将 Einstein 引力场方程推广到这种组合空间上，为

$$R_{\mu_u\nu_u}-\frac{1}{2}g_{\mu_u\nu_u}R=-8\pi G\mathscr{E}_{\mu_u\nu_u},$$

$$R_{\mu_v\nu_v}-\frac{1}{2}g_{\mu_v\nu_v}R=-8\pi G\mathscr{E}_{\mu_v\nu_v},$$

$$\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots,$$

$$R_{\mu_w\nu_w}-\frac{1}{2}g_{\mu_w\nu_w}R=-8\pi G\mathscr{E}_{\mu_w\nu_w}.$$

对应的，也可以采用组合方法寻求其线元组合，这当中，寻求线元组合与所有空间的交的维数 $\widehat{m}$ 有关。例如，对每个空间采用球对称坐标，则可以得到其在真空状态的球对称解，则在 $\widehat{m}=1$，即每个空间的时间度量 $t_\mu=t$ 时，有

$$ds^2=\sum_{\mu=1}^{m}\left(1-\frac{2Gm_\mu}{c^2r_\mu}\right)dt^2-\sum_{\mu=1}^{m}(1-\frac{2Gm_\mu}{c^2r_\mu})^{-1}dr_\mu^2-\sum_{\mu=1}^{m}r_\mu^2(d\theta_\mu^2+\sin^2\theta_\mu d\phi_\mu^2).$$

这方面还有许多需进一步研究的工作，感兴趣的人可以读一读文献 [10]-[16]。

五、科研人修行

科学是人类理性认识自然的产物，发现、认识自然规律，进而促进人类发展适应自然，与自然协调发展就成了二十一世纪科学发展的主要方向，同时也对广大科研工作者提出了新的挑战。



图 2.2.17 **宇宙银河系**

那么，应该如何选题，如何判断选择的数学课题对人与自然协调发展的作用？应该抱以什么样的心态从事数学学习和研究呢？

(1) **淡泊名利，究极真理** 你为什么学数学？你对数学真有兴趣吗？数学实际上是哲学，属于经济基础上的上层建筑。那种寄希望于学好数学成为百万富翁的想法是不现实的。纵观人类历史，那些著名哲学家的生活几乎都很清贫，如道家的老子、儒家的孔子等。《道德经》中“五色令人目盲，五音令人耳聋，五味令人口爽，驰骋畋猎令人心发狂，难得之货令人行妨。是以圣人，为腹不为目，故去彼取此”即是老子人生写照，最后西出函谷关“驾牛仙游”；孔子“吾十有五而有志于学，三十而立，四十而不惑，五十而知天命，六十而耳顺，七十而从心所欲，不逾矩”，周游列国，倡导儒家治国方略，一身劳苦奔波不得志。所以，想要成为真正的数学工作者，必须有一种“淡泊名利”，为追求科学真理不懈努力的毅力与决心。

(2) **夯实基础，组合事理** 你为什么要研究这个问题，它有什么用？这个问题是每一个数学工作者必须面对的问题。数学学科分得越细，认识事物就越深刻，但同时，对事物的认识也就越居于片面。那么，如何从认识上改变这种状况，进而改变“盲人摸象”那种局部的且与“大象”本来面目“差之一毫、失之千里”的认识结果呢？组合是基础。要知道，科学分科不是目的，而形成对事物的真实理解才是科学的宗旨。从这一角度出发，科研课题可以分为五类：

第 1 类: 对某一数学分支中某一个问题有价值；

第 2 类: 对某一数学分支发展有价值；

第 3 类: 对数学整体发展有价值；

第 4 类: 对科学发展有价值；

第 5 类: 对人类认识自然有价值。

所以，正确判断研究课题属于上述五类中的哪一类，逐渐抛弃价值不大的课题，选择对提高人类认识自然水平有价值的课题是需要的。这就要求每个人对其学术生涯规划时，依据其不同特点进行规划。学生时期要在数学某一领域打下坚实的学科基础，“不偏不倚”，同时对与数学有关的相关学科，如理论力学、理论物理、理论化学等基础课进行广泛了解，以对数学基础及其相关知识有一个全面的理解和掌握，这样在毕业后从数学科学研究时才能在关注其研究领域进展的同时，关注不同学科对其研究领域的影响，并以组合思想为基础，实现学科间的交叉影响和推动，“触类旁通”，进而为人类认识自然、适应自然而做出贡献。

(3) **质疑经典，严谨治学** 经典结论就是真理吗，权威结论就一定放之四海皆准吗？人类认识的局限性直接导致科研成果的局限性，很难发现一个研究成果会放之四海而皆准，因为人类的研究成果都是在一定的条件下获得的，当条件放宽或采用其他条件取代时，经典结果可能就不成立或是有条件的成立。所以，不要认为经典结果就永远成立，放宽条件，或是考虑经典结果在不同条件下的类比，进而得到其推广是一种普遍的研究方向。同时，也不要迷信权威，既然是人，权威的认识也存在局限性，要敢于坚持真理，敢于挑战权威结论而不迷信才是严谨的治学态度。

(4) **超越自我，持之以恒** 我得到的成果永远不能超越吗，永远成立吗？科学研究没有终极目标，今天的成果，说不定明天就会成为人们的普遍认识，那种为一时获得的成果而“沾沾自喜、不思进取”是科学研究的大敌。为此，要有超越自我，要不时否定自我，忘却获得成绩，因为那不过是“冰山一角”，同时，客观评价成果对科学发展及人类认识自然的重要性，对其持续改进，因为只有不断登上新台阶，开始新的研究征程，才有可能为人类认识自然作出贡献。

(5) **厚德载物，万物自生** 我会为别人的成就鼓掌吗，我能够与其他人分项个人研究成就吗？现代科学研究，已由依靠个人智力转化为群体智慧的结晶，一些重大课题实际上已经成为国际研究课题，许多学者虽处在不同地域但开展着同一问题或相近问题的研究。所以，靠一个人的能力解决当代科学中的重大问题几乎不再有可能性。为此，要求每个研究人员要有一种包容的心态，主动融入国内外科研群体，多了解同行研究成果，同时，了解不同领域的最新成果，特别是研究思想和方法，并从中获得养分而发展自己的研究，进而形成创新成果而不是步他人后尘。

人类社会进入到了二十一世纪，科学技术得到了飞速发展，人类生活水平日益

提高，应对自然灾害的能力也大幅度增强，但与此同时，环境污染、人口膨胀、不可再生资源枯竭等问题日趋严重，这与人类过去若干年对自然规律的不知晓，从事过多有悖于自然规律的活动和过度消耗有关。为此，每个科学工作者都面临一个需深思的问题，这就是，科学的终极目的是什么？科学是否可以违背人类道德，违背自然规律？答案是明显的。科学既然服务于人类认识自然，科学研究必须沿着人与自然协调发展方向进行，这也正是数学工作者需要搞清楚的问题，而这一过程中，组合学无疑会为建立万事万物联系，确立拓扑关系提供基本思想和方法。

参考文献

[1] J.A.Bondy and U.S.R.Murty, *Graph Theory with Applications*, The Macmillan Press Ltd, 1976.

[2] M.Carmei, *Classical Fields – General Relativity and Gauge Theory*, World Scientific, 2011.

[3] G.Chartrand and L.Lesniak, *Graphs & Digraphs*, Wadsworth, Inc., California, 1986.

[4] S.S.Chern and W.H.Chern, *Lectures in Differential Geometry* (in Chinese), Peking University Press, 2001.

[5] J.L.Gross and T.W.Tucker, *Topological Graph Theory*, John Wiley & Sons, 1987.

[6] H.Iseri, *Smarandache Manifolds*, American Research Press, Rehoboth, NM,2002.

[7] L.Kuciuk and M.Antholy, An Introduction to Smarandache Geometries, *Mathematics Magazine, Aurora, Canada*, Vol.12(2003)

[8] Y.P.Liu, *Introductory Map Theory*, Kapa & Omega, Glendale, AZ, USA, 2010.

[9] 毛林繁, *Automorphism Groups of Maps, Surfaces and Smarandache Geometries* (Second edition), Graduate Textbook in Mathematics, The Education Publisher Inc. 2011.

[10] 毛林繁, *Smarandache Multi-Space Theory* (Second edition), Graduate Textbook in Mathematics, The Education Publisher Inc. 2011.

[11] 毛林繁, *Combinatorial Geometry with Applications to Field Theory* (Second edition), Graduate Textbook in Mathematics, The Education Publisher Inc. 2011.

[12] 毛林繁, Combinatorial speculation and combinatorial conjecture for mathemat-

ics, *International J.Math. Combin.* Vol.1(2007), No.1, 1-19.

[13] 毛林繁, Geometrical theory on combinatorial manifolds, *JP J.Geometry and Topology*, Vol.7, No.1(2007),65-114.

[14] 毛林繁, Graph structure of manifolds with listing, *International J.Contemp. Math. Sciences*, Vol.5, 2011, No.2,71-85.

[15] 毛林繁, A generalization of Seifert-Van Kampen theorem for fundamental groups, *Far East Journal of Mathematical Sciences* Vol.61 No.2 (2012), 141-160.

[16] 毛林繁, Relativity in combinatorial gravitational fields, *Progress in Physics*, Vol.3(2010), 39-50.

[17] F.Smarandache, Mixed noneuclidean geometries, *Eprint arXiv: math/0010119*, 10/2000.

[18] F.Smarandache, *A Unifying Field in Logics–Neutrosopy: Neturosophic Probability, Set, and Logic*, American research Press, Rehoboth, 1999.

数学组合与事物本真 [1,2]

摘要: 人类认识上存在两种相互矛盾但又密切联系的世界观，即连续或离散世界观。考虑到事物间的矛盾性和联系性，这当中任何一个世界观均只能刻画事物的局部真实性，这也正如盲人摸象那个寓言中所蕴含的哲学道理一样。然而，就自然界事物存在形态看，任何一个自然事物均是具有一定的空间结构同时又满足物质守恒律的重叠空间。故此，把握事物本真促使人们将连续数学与离散数学组合在一起，构建一种数学包络理论，称为数学组合，即在空间拓扑图上对经典数学系统进行拓广，使其同时满足节点守恒律，这种数学元称之为作用流。本文的主要目的，在于介绍作用流，或是拓扑图上的数学理论及其在数学、物理、生物及其他科学上的应用，包括不可解代数或微分方程组的 G- 解，Banach 或 Hilbert $\overrightarrow{G}$- 流空间及重叠空间、方程组的重叠空间解等，以及其在其他科学，例如基本粒子态的重叠空间解释、引力时空和生物数学等方面的应用，阐释经典数学刻画事物行为的局限性源于经典数学是协调的、无矛盾系统，指出数学组合虽是经典数学的组合拓广，但其可同时刻画矛盾与非矛盾系统行为，更具有科学普遍意义，因为事物间存在矛盾是人类认识所致而并非事物本性。

关键词: 事物本真，观测，矛盾，拓扑图, Banach 空间，Smarandache 重叠空间，$\overrightarrow{G}$- 流，方程重叠空间解，高维时空，数学组合。

Abstract: There are 2 but contradictory views on our world, i.e., continuous or discrete, which result in that only partially reality of a thing T can be understood by one of continuous or discrete mathematics because of the universality of contradiction and the connection of things in the nature, just as the philosophical meaning in the story of the blind men with an elephant. Holding on the reality of natural things motivates the combination of continuous mathematics with that of discrete, i.e., an envelope theory called *math-*

---

[1]Mathematical combinatorics with natural reality, *International J.Math.Combin.*, Vol.2,2017

[2]2017 年 4 月 18 日在*2017 Spring International Conference on Applied and Engineering Mathematics*上作的大会报告

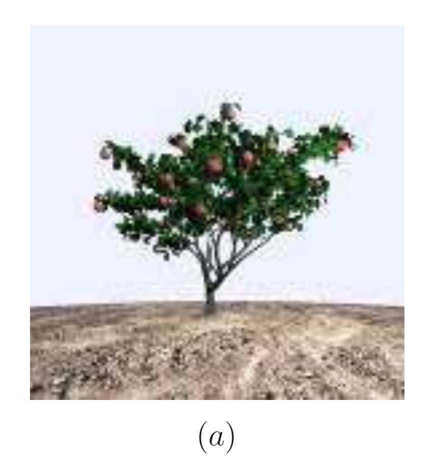
ematical combinatorics which extends classical mathematics over topological graphs because a thing is nothing else but a multiverse over a spacial structure of graphs with conservation laws hold on its vertices. Such a mathematical object is said to be an *action flow*. The main purpose of this report is to introduce the powerful role of action flows, or mathematics over graphs with applications to physics, biology and other sciences, such as those of G-solution of non-solvable algebraic or differential equations, Banach or Hilbert $\overrightarrow{G}$-flow spaces with multiverse, multiverse on equations, $\cdots$ and with applications to, for examples, the understanding of particles, spacetime and biology. All of these make it clear that holding on the reality of things by classical mathematics is only on the coherent behaviors of things for its homogenous without contradictions, but the mathematics over graphs G is applicable for contradictory systems because contradiction is universal only in eyes of human beings but not the nature of a thing itself.

Key Words: Graph, Banach space, Smarandache multispace, $\overrightarrow{G}$-flow, observation, natural reality, non-solvable equation, mathematical combinatorics.

AMS(2010): 03A10,05C15,20A05, 34A26,35A01,51A05,51D20,53A35.

§1. 引言

一般地，一个事物 T 的本真指它在世界上的过去、现在和将来存在状态，而不论其是否为人类所观测到或是为人类认识或理解。然而，人类对一个事物本真的认识依赖于观测方法，以及观测者对世界的理解 – 连续或离散世界观，即认为一个事物 T 的行为是一个依赖时间 t 的连续函数 $f(t)$，或是有限或无限序列 $x_1, x_2, \cdots, x_n$，这里 $n \geq 1$，观测结果与事物的本真可能相差十万八千里。



(a)



(b)

图 2.3.1

那么，我们的世界是连续的，还是离散的？当然都不是，因为在人类眼中，既存在离散性事物，又存在连续性事物。例如，图 2.3.1(a) 中一棵树上的苹果是离散的，但图 2.3.1(b) 汽车在道路上的行驶则是连续的。

从历史上看，把握事物行为同时促进了连续数学与离散数学的发展，即采用连续数学的方法研究离散数学问题，或是采用离散数学的方法研究连续数学问题。例如，设 x 和 y 分别为一个由猫和老鼠组成的 2- 自治系统，例如卡通片“猫和老鼠”(图 2.3.2) 中的汤姆 (猫) 和杰瑞 (老鼠) 数量，



图 2.3.2

则 Lotka-Volterra 采用如下微分方程刻画它们的行为 ([4])

$$\begin{cases} \dot{x} = x(\ \lambda - by), \\ \dot{y} = y(-\mu - cx). \end{cases} \tag{1.1}$$

类似地，对一个连续性问题由计算机实现的所有数值计算都是借助于离散数学方法，因为计算机的算法语言实质上是离散的。这方面一个代表性例子如图 2.3.3 所示是，即由一系列离散影像所实现的电影放映。故此，把握事物本真需要连续数学与离散数学的统一。



图 2.3.3

而在物理学中，一个粒子行为通常由事物在牛顿参照系 $\mathbb{R}^3$ 或是爱因斯坦参照系 $\mathbb{R}^4$ 中的状态函数 $\psi(t,x)$ 观测结果 $\mu_1,\mu_2,\cdots,\mu_n$ 构造的微分方程 ([2])

$$\mathscr{F}\left(t,x_1,x_2,x_3,\psi_t,\psi_{x_1},\psi_{x_2},\cdots,\psi_{x_1x_2},\cdots\right)=0 \tag{1.2}$$

所刻画。

通常来说，一个物理表象是复杂的，甚至与其他事件表象交叉重叠。那么，一般地，方程 (1.2) 的所有解是一个微观粒子 P 在世界上的本真吗？当然不是，因为从哲学上看，方程 (1.2) 仅是依赖于 P 在时刻 t 的行为观测结果 $\mu_1, \mu_2, \cdots, \mu_n$ 进行刻画的，并不是其整体。例如，量子力学中由 Schrödinger 方程 ([24])

$$i\hbar\frac{\partial\psi}{\partial t} = -\frac{\hbar^2}{2m}\nabla^2\psi + U\psi \tag{1.3}$$

刻画的微观粒子行为就是一个实证，因为观测表明，微观粒子可以同时出现两种或更多可能态，也就是叠加态，正如图 2.3.4 中 Schrödinger 所问的，那个在设置了一个毒气开关盒子中的小猫是死了还是仍然活着一样。我们甚至分不清楚方程 (1.3) 哪一个解是微观粒子，因为其每个解仅能表现一种确定态。

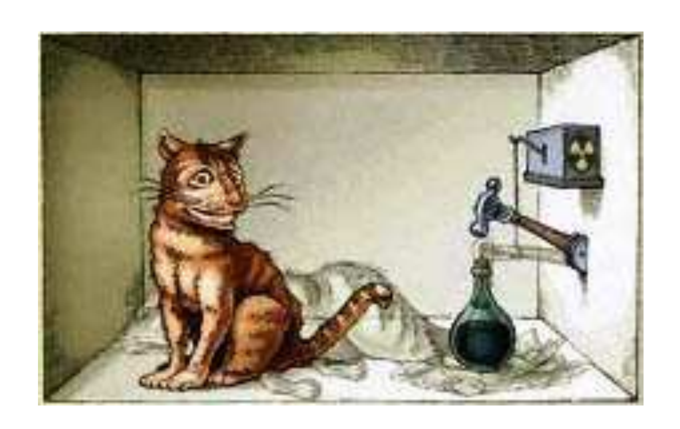


图 2.3.4

更进一步，我们能够断言方程 (1.2) 恰当地刻画了微观粒子 P 的动力学行为吗？当然不能，因为方程 (1.2) 通常是基于一个额外假设，即在经典力学中附着于粒子 P 的空间是一个几何点，或在量子力学中是一个场而建立的，同时，它还依赖于观测者是站在粒子外还是粒子内进行观测。举例来说，一个水分子 H_2O 由两个氢原子和一个氧原子组成，如图 2.3.5 所示。

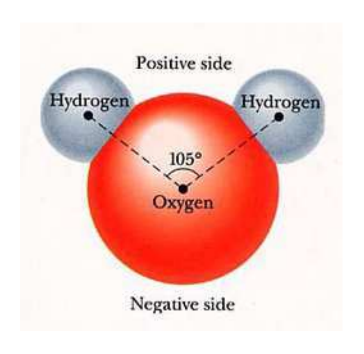


图 2.3.5

假设 H_2O 是一个空间几何点，如果观测者站在水分子外观测氢原子和氧原子的行为，则他仅能获得氢原子 H、氧原子 O 与水分子 H_2O 协调一致的信息，但如果他进入到水分子内部进行观测，他将获得对氢原子 H 和氧原子 O 不同的观测结果，前者称为*外观测*，后者称为*内观测*。此时，依据其不同的观测结果建立水分子 H_2O 动力学方程，前者是 (1.3) 而后者则由氢原子 H 和氧原子 O 上的三个微分方程

$$\begin{cases} -i\hbar\dfrac{\partial\psi_O}{\partial t} = \dfrac{\hbar^2}{2m_O}\nabla^2\psi_O - V(x)\psi_O \\ -i\hbar\dfrac{\partial\psi_{H_1}}{\partial t} = \dfrac{\hbar^2}{2m_{H_1}}\nabla^2\psi_{H_1} - V(x)\psi_{H_1} \\ -i\hbar\dfrac{\partial\psi_{H_2}}{\partial t} = \dfrac{\hbar^2}{2m_{H_2}}\nabla^2\psi_{H_2} - V(x)\psi_{H_2} \end{cases} \tag{1.4}$$

组成。那么，*哪一个是刻画水分子 H_2O 动力学行为的恰当方程，(1.3) 还是 (1.4)?* 对这一问题的回答是困难的，因为 (1.3) 仅能刻画氢原子 H、氧原子 O 与水分子 H_2O 协调一致的动力学行为，而方程 (1.4) 在经典数学中没解，即不可解 ([17])。

本文的主要目的，在于澄清一个事物 T 的本真在人类眼中是一个矛盾系统。换句话说，它是不可解方程组在几何上构成的重叠空间。进而，刻画、理解事物的本真需要人类构建一种新的数学理论 –*数学组合*，即基于空间拓扑图上的数学，展现它对数学发展的功用，以及其在基本粒子、引力场及其他科学中的应用。例如，拓广的 Banach 或 Hilbert $\overrightarrow{G}$- 流空间及其上的泛函分析, 可解微分方程构成的不可解方程组上的几何学，以及其在基本粒子、种群生物学和其他科学上的应用等。

本文中的术语和符号是标准的，力学术语和符号同于文献 [1]，生物数学的同于文献 [4]，组合几何的同于文献 [8]，基本粒子的同于文献 [23] 和 [24]，Smarandache 系统和重叠空间的同于文献 [25]，同时，本文讨论的所有现象和行为均假设其真实地存在。

§2. 矛盾源于人类非完整认识

下述哲学命题澄清了事物本真与经典数学真实的基本关系，但少有人关注。

命题 2.1 *假设 $\mathscr{R}, \mathscr{M}\mathscr{R}$ 分别为事物本真集和经典数学认识的真实集。则*

$$\mathscr{M}\mathscr{R} \subset \mathscr{R}, \qquad \mathscr{M}\mathscr{R} \neq \mathscr{R}. \tag{2.1}$$

证明 注意，经典数学系统的构建基础是其无矛盾性，即经典数学系统是一个协调一致的相容系统。然而，事物间矛盾无处不在。故此，经典数学真实集仅能是

事物本真集的子集，即 (2.1) 式

$$\mathscr{MR} \subset \mathscr{R}, \qquad \mathscr{MR} \neq \mathscr{R}. \qquad \square$$

上述命题实际上是一个哲学命题。虽然自然、简单，但由此引出，人类把握自然本真，即 $\mathscr{MR} = \mathscr{R}$，需要在经典数学理论基础上构建一种包络理论，即包容矛盾存在的数学理论。

2.1 思想模型

首先，我们讨论如下三个思想模型。

T1. **盲人摸象**. 这是佛经中一个著名的故事，其隐含整体由部分构成，然而人类通常把握的都是部分而非事物整体的哲学寓意。在这个故事中，六个盲人被要求去摸大象身体的不同部位而确定大象的形状。摸到大象腿、尾巴、鼻子、耳朵、肚子或牙齿的人分别主张大象外形为一个柱子、绳子、树枝、手掌、一堵墙或是一根管子，如图 2.3.6 所示。

他们坚持已见而争论不休。你们都是对的! 一位智者对他们说：你们之所以认为的大象形状不同是因为你们摸到的大象身体部位不同。实际上，大象具有你们每个人所说的特征。由此看出，这位智者告诉盲人门的大象形状为

$$\text{大象形状}=\{4\text{ 根柱子 }\}\bigcup\{1\text{ 个绳子 }\}\bigcup\{1\text{ 个树枝 }\}$$
$$\bigcup\{2\text{ 个手掌 }\}\bigcup\{1\text{ 堵墙 }\}\bigcup\{1\text{ 根管子 }\}$$

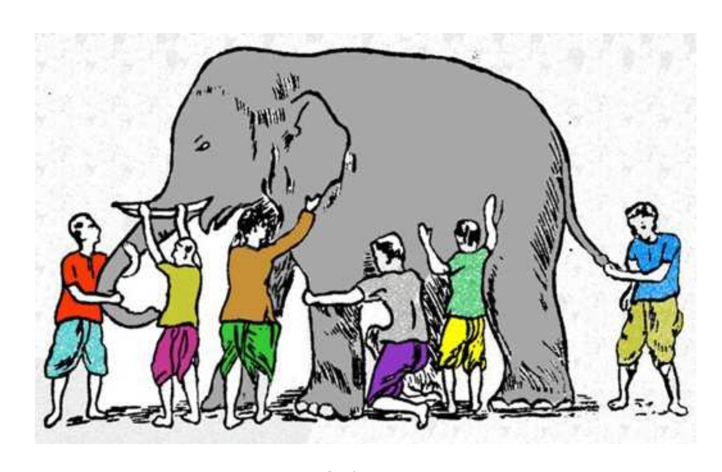


图 2.3.6

这个故事的哲学含义是什么？人类认识事物本真的过程，正如故事中盲人感知大象的形状一样。通常人类对一个事物 T 的感知是一个渐进过程。举例来说，假如在时刻 t，已经感知 T 的特征 $\mu_1, \mu_2, \cdots, \mu_n$，而 $\nu_i, i \geq 1$ 是尚未感知的特征，则在

逻辑上，事物 T 就是

$$T=\left(\bigcup_{i=1}^{n}\{\mu_i\}\right)\bigcup\left(\bigcup_{k\geq 1}\{\nu_k\}\right) \tag{2.3}$$

而在时刻 t 的感知 $T^\circ=\bigcup_{i=1}^{n}\{\mu_i\}$ 仅是一个渐进值。这里的方程 (2.3) 一般称为Smarandache 重叠空间 ([8], [25])，即采用事物离散特征的组合认识事物 T。

T2. Everett重叠空间. H.Everett 于 1957 年就方程 (1.3) 的波函数给出了重叠空间解释 [3]，机械回答了微观粒子的多态行为。通过假设观测者的波函数与被观测粒子相互纠缠，他给出了不同态函数应该处在不同的量子力学系统，并遵从方程 (1.3) 的结论。这样，微观粒子的重叠态看起来就象是一个 2- 分叉宇宙，就象张开的 2 支手臂一样 ([16], [17])，如图 2.3.7 所示。



图 2.3.7

Everett 这种对粒子多态的重叠空间解释开创性的改变了此前量子纠缠的一种含混认识，这种认识认为观测者一旦对量子进行观测，就会引起波函数随机塌陷至一种态而其它态消失的无影无踪。实际上，如果把柱子、绳子、树枝、手掌、墙和管子看成不同的物理空间，盲人摸象中那位智者告诉盲人的大象形状 (2.2) 就是 Everett 重叠空间，所以 Everett 关于粒子多态行为的重叠空间解释实际上蕴含于盲人摸象故事中。

T3. **夸克模型**. 物质的可分性一直促使着人们寻找物质构成的基本单元，即基本粒子，例如夸克、轻子及作用量子，包括光子及其它中介子，以及反粒子等 ([23], [24])。对应的，非物质则介于物质与反物质之间，它们一部分部分由物质构成，而其他部分则由反物质构成 ([26], [27])。例如，在 Sakata，或 Gell-Mann 和 Ne'eman 夸克模型中，重子由三个夸克构成而介子则由一个夸克、一个反夸克构成，如图 2.3.8 所示，那里同时给出了一个由五个夸克组成的粒子模型。

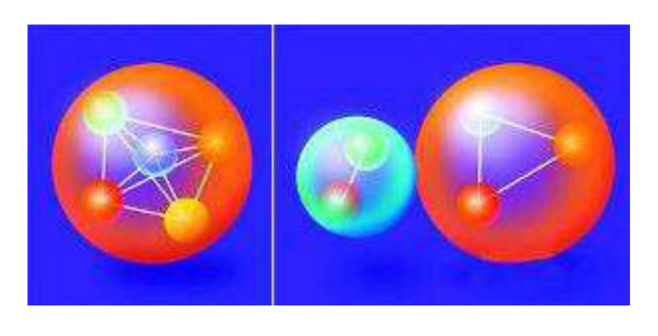


图 2.3.8

然而，实验中一直没有找到自由夸克。我们甚至不能断言 Schrödinger 方程 (1.3) 是描写夸克行为的恰当方程。可是，为什么人们在物理中深信不疑基本粒子，诸如夸克、轻子及相互作用量子的动力学方程是方程 (1.3) 呢? 原因就在于人类的观测从宏观视层面仅能观测到粒子的协同行为而非个体行为。在数学上，方程 (1.3) 描写粒子行为时，在宏观上把粒子抽象为一个几何点或是一个独立的场，使粒子的一些特别行为得不到有效解释，为此，物理学家进一步假设粒子的内部结构，正如图 2.3.8 所示。然而，这一做法在逻辑上是十分含混的，因为我们甚至无法讲清楚谁是这个几何点或场，是粒子本身还是其中的某个构成单元，即夸克。

2.2 矛盾源于非完整认识

如果人们完整的理解了一个事物 T，即公式 (2.3) 在时刻 t 时 $T = T^o$，则绝不会在对 T 的认识上存在矛盾。然而，这对人类来说几乎是不可能的，正如在中国一本非常著名的哲学著作，即《道德经》中，老子在第 1 章所断言的 “名可名，非常名；无名万物之始，有名万物之母” 一样，这也同时蕴含着矛盾的普遍性原理和方程 (2.1) 的广义形式。

可以看出，那位智者认识的大象形状 (2.2) 是一个完整认识但每位盲人的认知则不是。那么，它们哪一个是正确认知? 这一问题的答案依赖于观测者所占的视角。那六位盲人对大象的认知实际上是微观的或是内观测认知，而那位智者的认知则是宏观的或是外观测认知。如果人们需要宏观认知大象形状，那位智者的认知是正确的，但如果需要从微观层面认知大象，那六位盲人从大象身体不同部位认知大象形状是正确的。所以，为把握一个事物 T 的本真，人们需要一个完整的从个体，即局部认知到对事物的完整认知。这种观测方法称为平行观测([17])，从而规避事物观测中，一个观测者只能观测事物一种行为表象的缺陷，如图 2.3.9 所示，那里，由三个观测者对水分子中两个氢原子、一个氧原子的行为同时进行观测。

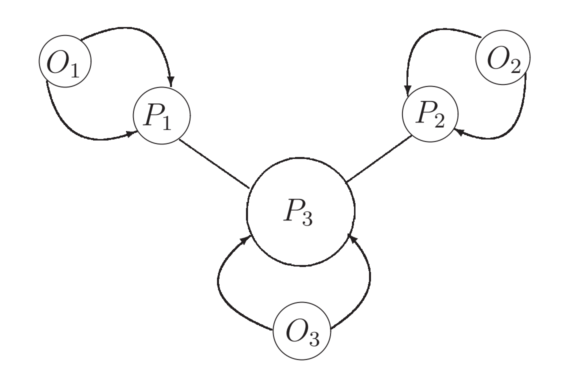


图 2.3.9

这样看来，那位智者对大象形状的认知 (2.2) 实际上是六位盲人对大象身体不同部位平行观测认知的综合认知结果。同样地，Everett 对量子多态的重叠空间认知，以及 Sakata, 或 Gell-Mann 和 Ne'eman 的夸克模型等，都属于这种认知方法。这也说明，采用内观测一个事物 T 得到的一定是重叠空间，即重叠空间处处存在而非 Max Tegmark 在文献 [28] 中分类的 $I-IV$ 那四种情形。

但是，基于重叠空间平行观测数据构建的方程 (1.2)，如对两个氢原子、一个氧原子方程构建的方程 (1.4) 一般是不可解的 ([17])。而且，一般地，种群生物学中采用微分方程 (1.2) 构建三个以上种群的微分方程也是不可解的。那么，*怎样从数学上把握事物 T 真实而得到等式 $\mathscr{M}\mathscr{R}=\mathscr{R}$ 呢?* 这一问题最好的回答是连续数学与离散数学的统一，即采用组合方法将经典数学中的非数学系统转化为数学相容系统 ([13])，这就是*数学组合*，一种把握自然真实的可行方法，因为它可以有效转化事物间普遍存在的矛盾为相容。

§3. 数学组合

3.1 标定图

一个*抽象图* G 是一个有序 2- 元组 (V,E)，满足条件 $V\neq\emptyset$ 和 $E\subset V\times V$，这里，V 和 E 都是有限集合，分别称为 G 的顶点集和边集，记为 $V(G)$、$E(G)$。设 $\mathscr{T}$ 为一个拓扑空间，如果存在一个连续的 $1-1$ 映射 $\phi: G\to\mathcal{T}$，使得只要 $p,q\notin V(G)$，则有 $\phi(p)\neq\phi(q)$，则称图 G 可以嵌入到拓扑空间 $\mathcal{T}$。

作为一个特例，取 $\mathcal{T}=\mathbb{R}^3$，则其中的拓扑图称为*空间图*。图 2.3.10 中的例子就是一个空间立方体 $C_4\times C_4$，

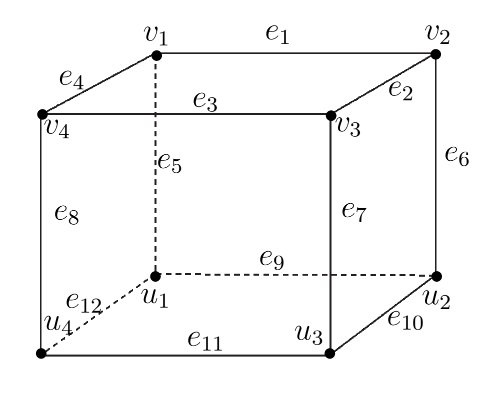


图 2.3.10

图 G 上的一个标号 L，定义为一个映射 $L: V(G)\bigcup E(G) \to \mathscr{L}$，这里的 $\mathscr{L}$ 称为标号集。例如，图 2.3.10 的标号集为 $\mathscr{L} = \{v_i, u_i, e_j, 1 \le i \le 4, 1 \le j \le 12\}$。注意，盲人摸象中盲人们确定的大象结构实际上是一颗标定树，如图 2.3.11 所示，

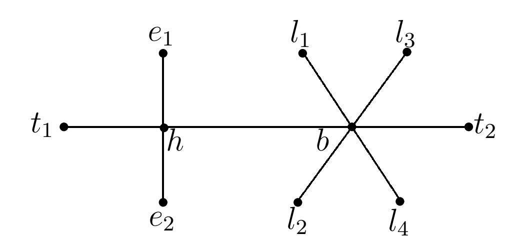


图 2.3.11

这里，$\{t_1\}$ = 鼻子，$\{e_1, e_2\}$ = 耳朵，$\{h\}$ = 头，$\{b\}$ = 肚子，$\{l_1, l_2, l_3, l_4\}$ = 腿，以及 $\{t_2\}$ = 尾巴。那么，在空间 $\mathbb{R}^3$ 中怎样由图 2.3.11 中的标定树得到大象的空间形状呢? 首先，人们可以把图 2.3.11 中的每条边吹起来，即对 $\forall e \in E(G^L)$，做变换 $e \to$ 圆柱体，然后，作空间同胚变换，使得每个圆柱体变换为大象相应空间形状，这样就在 $\mathbb{R}^3$ 中得到一个 3- 维大象的空间几何形状了，如图 2.3.12 所示。



图 2.3.12

为把掌握事物本真，上述讨论实际上蕴含着人们应当把标定图作为一个数学元 ([20]) 而不是仅作为一种标号游戏进行研究，因为

$$\mathbb{R}^n \text{ 中的标定图} \Leftrightarrow \text{事物内部组合结构}$$

这样的话，标定图上的标号到底是什么，它们仅仅是不同符号吗？同时，标定图是认识事物自然真实的一种有效方法，还是仅仅是一种标号游戏？实际上，标定图在经典数学中一直作为一种符号标定，而非数学元看待。如果人们抛弃这种观念，即采用数学系统中的元对图进行标定，会出现什么结果？这些标定结果有利于理解自然事物吗？回答是肯定的 ([6], [7])，因为这样做的结果更有利于用一些抽象掉了的事物特征，例如物理学中的度量精确刻画事物本真，进而把握其本真。

3.2 方程组的 G - 解

设 $\mathscr{F}: \mathbb{R}^n \times \mathbb{R}^m \rightarrow \mathbb{R}^m$ 为一个 $\mathbb{C}^k$, $1 \leq k \leq \infty$ 映射，且 $\mathscr{F}(\overline{x}_0, \overline{y}_0) = \overline{0}$，这里 $\overline{x}_0 \in \mathbb{R}^n$, $\overline{y}_0 \in \mathbb{R}^m$ 且 $(\partial \mathscr{F}^j / \partial y^i(\overline{x}_0, \overline{y}_0))$ 是一个 $m \times m$ 非退化矩阵，则由隐函数定理，一定存在点 $\overline{x}_0$ 的开邻域 $V \subset \mathbb{R}^n$，点 $\overline{y}_0$ 的开邻域 $W \subset \mathbb{R}^m$ 和一个 $\mathbb{C}^k$ 映射 $\phi: V \rightarrow W$ 使得 $T(\overline{x}, \phi(\overline{x})) = \overline{0}$，即在这种情形下，方程 (1.2) 总是可解的。

选取 $\mathscr{F}_1, \mathscr{F}_2, \cdots, \mathscr{F}_m$ 为 m 个满足隐函数定理条件的映射，且对任意整数 $1 \leq i \leq m$，$S_{\mathscr{F}_i} \subset \mathbb{R}^n$ 为一个使得 $\mathscr{F}_i: S_{\mathscr{F}_i} \rightarrow 0$ 的几何流形。我们在 Euclidean 空间 $\mathbb{R}^n$ 中考虑方程组

$$\begin{cases} \mathscr{F}_1(x_1, x_2, \cdots, x_n) = 0 \\ \mathscr{F}_2(x_1, x_2, \cdots, x_n) = 0 \\ \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \\ \mathscr{F}_m(x_1, x_2, \cdots, x_n) = 0 \end{cases} \tag{3.1}$$

的解性质，这里 $n \geq 1$。从几何上看，方程组 (3.1) 无解或可解取决于交集 $\bigcap\limits_{i=1}^{m} S_{\mathscr{F}_i} = \emptyset$ 或 $\neq \emptyset$。

那么，(3.1) 无解情形是否对理解事物本真没有意义呢？答案是否定的，因为方程组 (3.1) 无解仅仅表明交集 $\bigcap\limits_{i=1}^{m} S_{\mathscr{F}_i} = \emptyset$ 而非事物行为。实际上，无论其可解或不可解，事物行为应当由并集 $\bigcup\limits_{i=1}^{m} S_{\mathscr{F}_i}$ 进行刻画，这也正如用 (2.2) 式描写大象形状一样。

例如，假定事物 T_1, T_2, T_3, T_4 和 T_1', T_2', T_3', T_4' 的行为分别由下述两个方程组

$$(LES_4^N)\quad \begin{cases} x+y &= \ \ 1 \\ x+y &= -1 \\ x-y &= -1 \\ x-y &= \ \ 1 \end{cases} \qquad\qquad (LES_4^S)\quad \begin{cases} x=y \\ x+y=2 \\ x=1 \\ y=1 \end{cases}$$

进行刻画。显然，方程组 (LES_4^N) 不可解，因为方程 $x+y=-1$ 与 $x+y=1$ 矛盾，方程 $x-y=-1$ 与 $x-y=1$ 矛盾，即没有解 x_0, y_0 使得 (LES_4^N) 成立；然而，方程组 (LES_4^S) 有解 $x=1$ 和 $y=1$。那么，我们能断言事物 T_1', T_2', T_3', T_4' 就是 $x=1, y=1$ 而事物 T_1, T_2, T_3, T_4 什么也不是吗？当然不能，因为 $(x,y)=(1,1)$ 不过是事物 T_1', T_2', T_3', T_4' 在平面 $\mathbb{R}^2$ 上的直线交点，而 T_1, T_2, T_3, T_4 在平面 $\mathbb{R}^2$ 上没有交点而已。然而，它们真实地存在于 $\mathbb{R}^2$ 上，如图 2.3.13 所示。

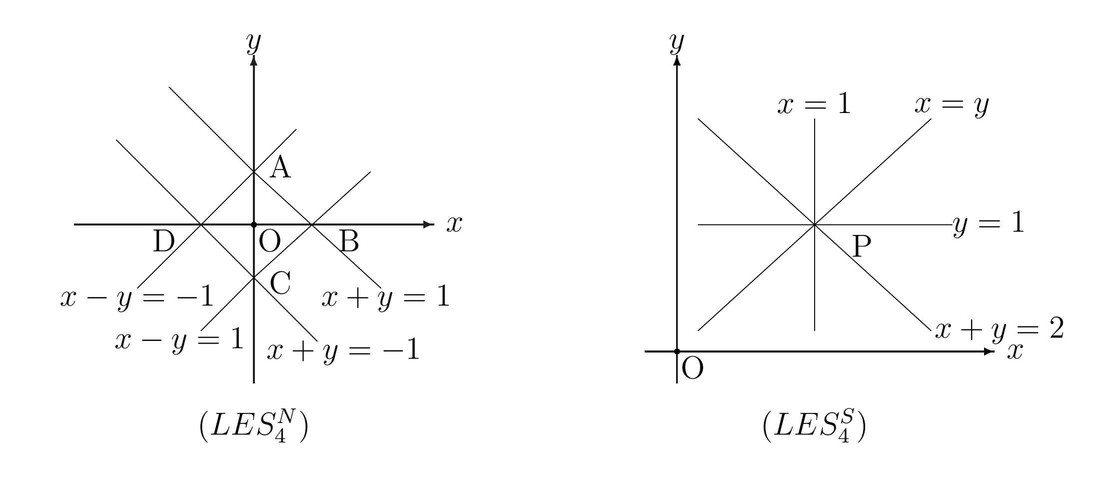


图 2.3.13

假定 $L_{a,b,c} = \{(x,y)|ax+by=c, ab\neq 0\}$ 为 $\mathbb{R}^2$ 上的点集，我们很容易知道，事物 T_1, T_2, T_3, T_4 和 T_1', T_2', T_3', T_4' 的直线行为应分别为并集 $L_{1,-1,0}\bigcup L_{1,1,2}\bigcup L_{1,0,1}\bigcup L_{0,1,1}$ 和 $L_{1,1,1}\bigcup L_{1,1,-1}\bigcup L_{1,-1,-1}\bigcup L_{1,-1,1}$，为此，我们引入如下定义。

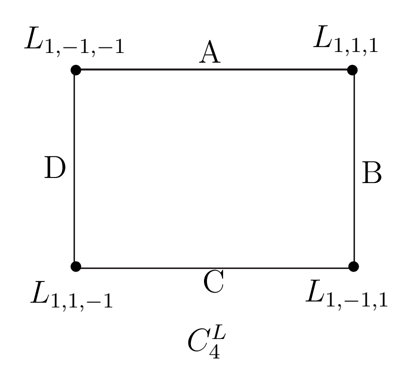
定义 3.1 方程组 (3.1) 的 G- 解定义为一个标定图 G^L，其顶点集和边集分别定义为

$V(G) = \{S_{\mathscr{F}_i},\ 1\leq i\leq n\}$;

$E(G) = \left\{(S_{\mathscr{F}_i}, S_{\mathscr{F}_j})\ \ \text{如果对任意整数}\ 1\leq i,j\leq n\ S_{\mathscr{F}_i}\bigcap S_{\mathscr{F}_j}\neq\emptyset\right\}$，其上的标号映射定义为

$$L:\ S_{\mathscr{F}_i}\to S_{\mathscr{F}_i}, \qquad (S_{\mathscr{F}_i}, S_{\mathscr{F}_j})\to S_{\mathscr{F}_i}\bigcap S_{\mathscr{F}_j}.$$

例如, 方程组 (LES_4^N) 和 (LES_4^S) 的 G- 解分别为标定图 C_4^L 和 K_4^L, 如图 2.3.14 所示。



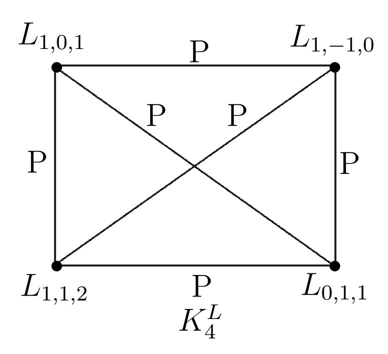


图 2.3.14

定理 3.2 如果对任意整数 i, $1 \leq i \leq n$ 有 $\mathscr{F}_i \in \mathbb{C}^1$ 和 $\mathscr{F}_i|_{(x_1^0,x_2^0,\cdots,x_n^0)} = 0$, 但是 $\left.\dfrac{\partial \mathscr{F}_i}{\partial x_i}\right|_{(x_1^0,x_2^0,\cdots,x_n^0)} \neq 0$, 则方程组 (3.1) 是 G- 可解的。

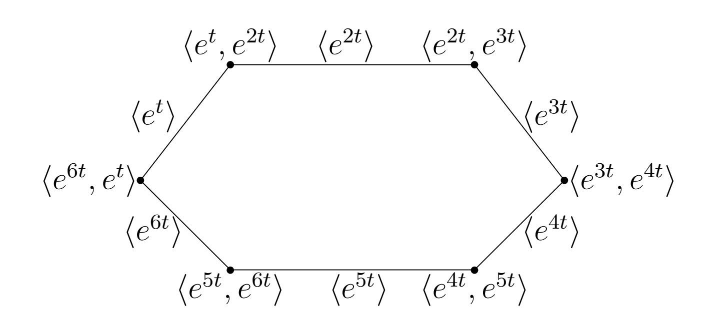


图 2.3.15

对满足定理 3.2 不可解方程组的组合结构感兴趣的读者，可以参阅文献 [9]-[14] 而找到更多不可解代数方程、常微分或偏微分方程的组合解结果。例如，设 $(LDES_m^1)$ 为如下线性齐次微分方程组，

$$\begin{cases} \ddot{x} - 3\dot{x} + 2x = 0 & (1) \\ \ddot{x} - 5\dot{x} + 6x = 0 & (2) \\ \ddot{x} - 7\dot{x} + 12x = 0 & (3) \\ \ddot{x} - 9\dot{x} + 20x = 0 & (4) \\ \ddot{x} - 11\dot{x} + 30x = 0 & (5) \\ \ddot{x} - 7\dot{x} + 6x = 0 & (6) \end{cases}$$

这里，$\ddot{x}=\dfrac{d^2x}{dt^2}$，$\dot{x}=\dfrac{dx}{dt}$。很明显，这个方程组不可解，但对应于微分方程 $(1)-(6)$，分别有解基 $\{e^t,e^{2t}\}$, $\{e^{2t},e^{3t}\}$, $\{e^{3t},e^{4t}\}$, $\{e^{4t},e^{5t}\}$, $\{e^{5t},e^{6t}\}$ 和 $\{e^{6t},e^{t}\}$，其 G- 解如图 2.3.15 所示，其中，符号 $\langle\Delta\rangle$ 表示由 Δ 中的元张成的线性空间。

3.3 拓扑图上的数学

设 $(\mathscr{A};\circ_1,\circ_2,\cdots,\circ_k)$ 为一个代数系统，即对 $\forall a,b\in\mathscr{A}$，$1\leq i\leq k$ 有 $a\circ_i b\in\mathscr{A}$，同时，设 $\overrightarrow{G}$ 为嵌入在空间 $\mathcal{T}$ 中的有向图。符号 $\overrightarrow{G}^L_{\mathscr{A}}$ 表示所有标号 $L:\ E\left(\overrightarrow{G}\right)\to\mathscr{A}$ 产生的且满足如下条件的标定图 $\overrightarrow{G}^L$:

R1： 对 $\forall\overrightarrow{G}^{L_1},\overrightarrow{G}^{L_2}\in\overrightarrow{G}^L_{\mathscr{A}}$，定义 $\overrightarrow{G}^{L_1}\circ_i\overrightarrow{G}^{L_2}=\overrightarrow{G}^{L_1\circ_i L_2}$，这里，对 $\forall e\in E\left(\overrightarrow{G}\right)$ 和整数 $1\leq i\leq k$，有 $L_1\circ_i L_2:\ e\to L_1(e)\circ_i L_2(e)$。

例如，图 $\overrightarrow{C}_4$ 上的规则**R1**如图 2.3.16 所示，这里，$\mathbf{a}_3$=$\mathbf{a}_1\circ_i\mathbf{a}_2$，$\mathbf{b}_3$ =$\mathbf{b}_1\circ_i\mathbf{b}_2$，$\mathbf{c}_3$=$\mathbf{c}_1\circ_i\mathbf{c}_2$，$\mathbf{d}_3$ =$\mathbf{d}_1\circ_i\mathbf{d}_2$。

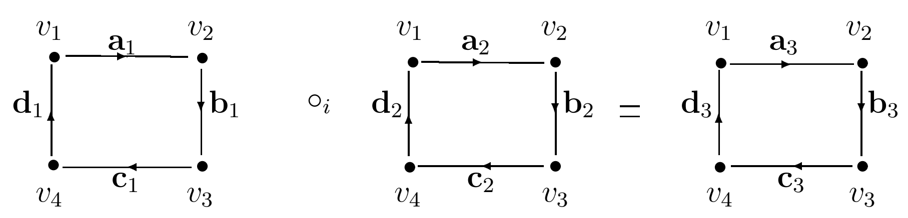


图 2.3.16

则由规则**R1**，有 $\overrightarrow{G}^{L_1}\circ_i\overrightarrow{G}^{L_2}=\overrightarrow{G}^{L_1\circ_i L_2}\in\overrightarrow{G}^L_{\mathscr{A}}$。一般地，对任意整数 $1\leq i_1,i_2,\cdots,i_s\leq k$，有

$$\overrightarrow{G}^{L_1}\circ_{i_1}\overrightarrow{G}^{L_2}\circ_{i_2}\cdots\circ_{i_s}\overrightarrow{G}^{L_{s+1}}\in\overrightarrow{G}^L_{\mathscr{A}},$$

即 $\overrightarrow{G}^L_{\mathscr{A}}$ 也是一个代数系统，且如果 $(\mathscr{A};\circ_1,\circ_2,\cdots,\circ_k)$ 关于运算 $\circ_i$ 是可交换的，这里，整数 i，$1\leq i\leq k$，则它关于运算 $\circ_i$ 也是可交换的。特别地，如果 $k=1$ 且 $(\mathscr{A};\circ_1)$ 是一个群，则 $\overrightarrow{G}^L_{\mathscr{A}}$ 也是一个群。这样，在空间 $\mathcal{T}$ 中，我们就把代数系统 $(\mathscr{A};\circ_1,\circ_2,\cdots,\circ_k)$ 拓广到了图 $\overrightarrow{G}$ 上。

注意到上述拓广 $\overrightarrow{G}^L_{\mathscr{A}}$ 仅仅是图 $\overrightarrow{G}$ 上的代数拓广，并没有结合事物的本性，即物质守恒律，也就是在空间流入一点或一个体积上的守恒量，只能是流入量或流出量的改变。故此，把握事物真实促使人们在满足物质守恒律条件下在图 $\overrightarrow{G}$ 上拓广数学系统 $(\mathscr{A};\circ_1,\circ_2,\cdots,\circ_k)$，即：

R2：$\sum\limits_{l}\mathbf{F}(v)^-_l=\sum\limits_{s}\mathbf{F}(v)^+_s$，这里，$\mathbf{F}(v)^-_l$，$l\geq 1$ 和 $\mathbf{F}(v)^+_s$，$s\geq 1$ 分别表示

流出或流入顶点 $v \in E(\overrightarrow{G})$ 的物质量

这种思想最终导致将连续数学与离散数学组合在一起，产生一种新的数学元，称为作用流。

定义 3.3([19]) 一个作用流 $\left(\overrightarrow{G}; L, A\right)$ 是拓扑空间 $\mathscr{S}$ 中的一个有向图 $\overrightarrow{G}$，其每条边 (v,u) 在 Banach 空间 $\mathscr{B}$ 上结合标号映射 $L:(v,u) \to L(v,u)$，两个端点算子 $A_{vu}^{+}: L(v,u) \to L^{A_{vu}^{+}}(v,u)$ 和 $A_{uv}^{+}: L(u,v) \to L^{A_{uv}^{+}}(u,v)$，如图 2.3.17 所示，

u A_{uv}^{+} $L(u,v)$ A_{vu}^{+} v

图 2.3.17

同时，对 $\forall (v,u) \in E\left(\overrightarrow{G}\right)$ 有 $L(v,u) = -L(u,v)$ 和 $A_{vu}^{+}(-L(v,u)) = -L^{A_{vu}^{+}}(v,u)$，使得对 $\forall v \in V\left(\overrightarrow{G}\right)$，有

$$\sum_{u \in N_G(v)} L^{A_{vu}^{+}}(v,u) = \mathbf{c}_v,$$

即守恒律成立，例如，图 2.3.18 中，

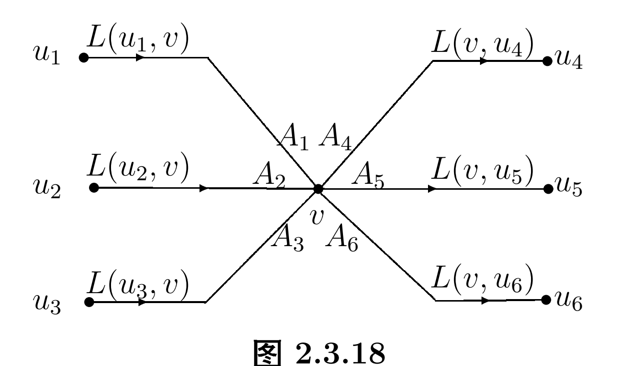


图 2.3.18

顶点 v 上的守恒律为

$$-L^{A_1}(v,u_1) - L^{A_2}(v,u_2) - L^{A_4}(v,u_3) + L^{A_4}(v,u_4) + L^{A_5}(v,u_5) + L^{A_6}(v,u_6) = \mathbf{c}_v,$$

这里，$\mathbf{c}_v$ 为顶点 v 的守恒量。一般地，取 $\mathbf{c}_v = \mathbf{0}$。

确实，作用流是一种同时具有连续和离散特征的数学元。例如，图 2.3.19 中的图是一个双极图，

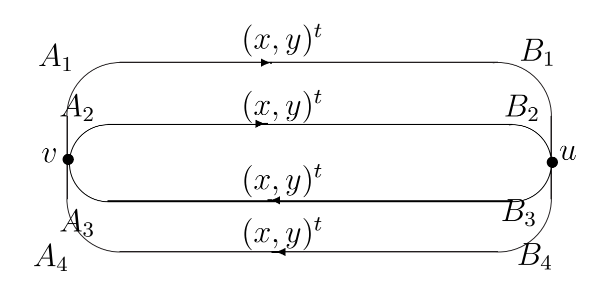


图 2.3.19

其上的顶点守恒律为偏微分方程

$$\begin{cases} a_1\dfrac{\partial^2 x}{\partial t^2}+b_1\dfrac{\partial^2 y}{\partial t^2}-a_3\dfrac{\partial x}{\partial t}+(a_2-a_4)x+(b_2-b_3-b_4)y=0 \\ c_2\dfrac{\partial^2 x}{\partial t^2}+d_2\dfrac{\partial^2 y}{\partial t^2}-d_4\dfrac{\partial y}{\partial t}+(c_1-c_3-c_4)x+(d_1-d_3)y=0 \end{cases},$$

这里，$A_1=(a_1\partial^2/\partial t^2, b_1\partial^2/\partial t^2)$, $A_2=(a_2,b_2)$, $A_3=(a_3\partial/\partial t, b_3)$, $A_4=(a_4,b_4)$, $B_1=(c_1,d_1)$, $B_2=(c_2\partial^2/\partial t^2, d_2\partial^2/\partial t^2)$, $B_3=(c_3,d_3)$, $B_4=(c_4,d_4\partial/\partial t)$。

当然，并非所有的数学系统都可在满足顶点守恒律的条件下在一个图 $\overrightarrow{G}$ 上拓广，除非 $\overrightarrow{G}$ 具有一些特定的组合结构。不过对于线性空间 $\mathscr{A}$，这样的拓广则在任意一个拓扑图上都可以进行，即我们有如下结果。

定理 3.4([20]) 设 $(\mathscr{A};+,\cdot)$ 是一个线性空间，$\overrightarrow{G}$ 为嵌入空间 $\mathcal{T}$ 的有向图，且对 $\forall(v,u)\in E(\overrightarrow{G})$，$A^+_{vu}=A^+_{uv}=\mathbf{1}_{\mathscr{A}}$。则在规则**R1**和**R2**下，$\left(\overrightarrow{G}^L_{\mathscr{A}};+,\cdot\right)$ 仍是一个线性空间。同时，如果 $\mathscr{V}$ 的维数有限，则 $\left(\overrightarrow{G}^L_{\mathscr{A}};+,\cdot\right)$ 的维数为 $\dim\mathscr{A}^{\beta(\overrightarrow{G})}$；如果 $\mathscr{V}$ 的维数无限，则 $\left(\overrightarrow{G}^L_{\mathscr{A}};+,\cdot\right)$ 的维数也无限，这里，$\beta(\overrightarrow{G})=|E(\overrightarrow{G})|-|V(\overrightarrow{G})|+1$ 为图 $\overrightarrow{G}$ 的 *Betti* 数。

有一种特殊的作用流 $\left(\overrightarrow{G};L,\mathbf{1}_{\mathscr{A}}\right)$，即对 $\forall(v,u)\in E(\overrightarrow{G})$ 有 $A^+_{vu}=A^+_{uv}=\mathbf{1}_{\mathscr{A}}$，一般称为$\overrightarrow{G}$- 流，记为 $\overrightarrow{G}^L$，同时，在 $\overrightarrow{G}$ 上拓广的线性空间 $\left(\overrightarrow{G}^L_{\mathscr{A}};+,\cdot\right)$ 简记为 $\overrightarrow{G}^{\mathscr{A}}$。

§4. Banach $\overrightarrow{G}$- 流空间与重叠空间

4.1 Banach $\overrightarrow{G}$- 流空间

一个 Banach 或 Hilbert 空间分别为实数域 $\mathbb{R}$ 或复数域 $\mathbb{C}$ 赋有完全范数 $\|\cdot\|$ 或内积 $\langle\cdot,\cdot\rangle$ 的线性空间 $\mathscr{A}$，即对 $\mathscr{A}$ 中任意一个 Cauchy 序列 $\{x_n\}$，$\mathscr{A}$ 中一定存在元 x 使得

$$\lim_{n\to\infty}\|x_n-x\|_{\mathscr{A}}=0 \quad 或者 \quad \lim_{n\to\infty}\langle x_n-x,x_n-x\rangle_{\mathscr{A}}=0。$$

通过引入 $\overrightarrow{G}$- 流上的如下范数

$$\left\|\overrightarrow{G}^L\right\|=\sum_{(v,u)\in E(\overrightarrow{G})}\|L(v,u)\|,$$

其中，$\|L(v,u)\|$ 表示 $L(v,u)$ 在一个 Banach 或 Hilbert 空间 $\mathscr{A}$ 中的范数，则 $\mathscr{A}$ 可以在拓扑图 $\overrightarrow{G}$ 上进行拓广，得到如下结果。

定理 4.1([15]) *如果 $\mathscr{A}$ 是一个 Banach 空间，则对任意一个拓扑图 $\overrightarrow{G}$，$\overrightarrow{G}^{\mathscr{A}}$ 都是一个 Banach 空间，更进一步，如果 $\mathscr{A}$ 是一个 Hilbert 空间，则 $\overrightarrow{G}^{\mathscr{A}}$ 也是一个 Hilbert 空间。*

我们考虑 Banach 或 Hilbert $\overrightarrow{G}$- 流空间上的作用算子。设**T**是 $\overrightarrow{G}^{\mathscr{A}}$ 上的一个算子。对 $\forall\overrightarrow{G}^{L_1},\overrightarrow{G}^{L_2}\in\overrightarrow{G}^{\mathscr{A}}$ 和标量 $\lambda,\mu\in\mathscr{F}$，如果有

$$\mathbf{T}\left(\lambda\overrightarrow{G}^{L_1}+\mu\overrightarrow{G}^{L_2}\right)=\lambda\mathbf{T}\left(\overrightarrow{G}^{L_1}\right)+\mu\mathbf{T}\left(\overrightarrow{G}^{L_2}\right),$$

则称 $\mathbf{T}:\overrightarrow{G}^{\mathscr{A}}\to\overrightarrow{G}^{\mathscr{A}}$ 为线性算子。这样，我们可以把 Hilbert 空间上 Fréchet 和 Riesz 关于线性连续泛函表示定理推广到 Hilbert $\overrightarrow{G}$- 流空间 $\overrightarrow{G}^{\mathscr{A}}$ 上，得到如下结果。

定理 4.2([15]) *设 $\mathbf{T}:\overrightarrow{G}^{\mathscr{A}}\to\mathbb{C}$ 是一个线性连续泛函。则存在唯一一个 $\overrightarrow{G}^{\widehat{L}}\in\overrightarrow{G}^{\mathscr{A}}$ 使得对 $\forall\overrightarrow{G}^{L}\in\overrightarrow{G}^{\mathscr{A}}$，有 $\mathbf{T}\left(\overrightarrow{G}^{L}\right)=\left\langle\overrightarrow{G}^{L},\overrightarrow{G}^{\widehat{L}}\right\rangle$。*

注意，数学中普遍存在着线性连续泛函。特别地，微分算子和积分算子都是线性连续泛函。例如，设 $\mathscr{A}$ 为一个由集合

$$\Delta=\{(x_1,x_2,\cdots,x_n)\in\mathbb{R}^n|a_i\le x_i\le b_i,1\le i\le n\}$$

上的可测函数 $f(x_1,x_2,\cdots,x_n)$ 组成的 Hilbert 空间，即具有内积

$$\langle f(\mathbf{x}),g(\mathbf{x})\rangle=\int_\Delta\overline{f(\mathbf{x})}g(\mathbf{x})d\mathbf{x},\qquad f(\mathbf{x}),g(\mathbf{x})\in L^2[\Delta]$$

的函数空 $L^2[\Delta]$，这里 $\mathbf{x}=(x_1,x_2,\cdots,x_n)$。由定理 4.1，$\mathscr{A}$ 可拓广为 Hilbert $\overrightarrow{G}$- 流空间 $\overrightarrow{G}^{\mathscr{A}}$，同时，$\mathscr{A}$ 上的微分算子或积分算子

$$D=\sum_{i=1}^{n}a_i\frac{\partial}{\partial x_i}\quad 或 \quad \int_\Delta$$

可对 $\forall(v,u)\in E(\overrightarrow{G})$，分别由 $D\overrightarrow{G}^L=\overrightarrow{G}^{DL(v,u)}$ 和

$$\int_\Delta \overrightarrow{G}^L = \int_\Delta K(\mathbf{x},\mathbf{y})\overrightarrow{G}^{L[\mathbf{y}]}d\mathbf{y}=\overrightarrow{G}^{\int_\Delta K(\mathbf{x},\mathbf{y})L(v,u)[\mathbf{y}]d\mathbf{y}}$$

拓广到 $\overrightarrow{G}^{\mathscr{A}}$ 上，这里，对任意整数 $1\le i,j\le n$，a_i，$\dfrac{\partial a_i}{\partial x_j}\in\mathbb{C}^0(\Delta)$，且 $K(\mathbf{x},\mathbf{y}):\Delta\times\Delta\to\mathbb{C}\in L^2(\Delta\times\Delta,\mathbb{C})$ 满足

$$\int_{\Delta\times\Delta}K(\mathbf{x},\mathbf{y})d\mathbf{x}d\mathbf{y}<\infty.$$

定理 4.3([15]) *微分算子* D: $\overrightarrow{G}^{\mathscr{A}}\to\overrightarrow{G}^{\mathscr{A}}$ *和积分算子* $\int_\Delta$: $\overrightarrow{G}^{\mathscr{A}}\to\overrightarrow{G}^{\mathscr{A}}$ *都是* $\overrightarrow{G}^{\mathscr{A}}$ *上的线性算子。*

例如，对 $\Delta=[0,1]$，取 $f(t)=t$, $g(t)=e^t$, $K(t,\tau)=t^2+\tau^2$，而 $\overrightarrow{G}^L$ 为图 2.3.20 左边的 $\overrightarrow{G}$- 流，则在微分、积分算子作用后，我们得到图 2.3.20 右边的 $\overrightarrow{G}$- 流。

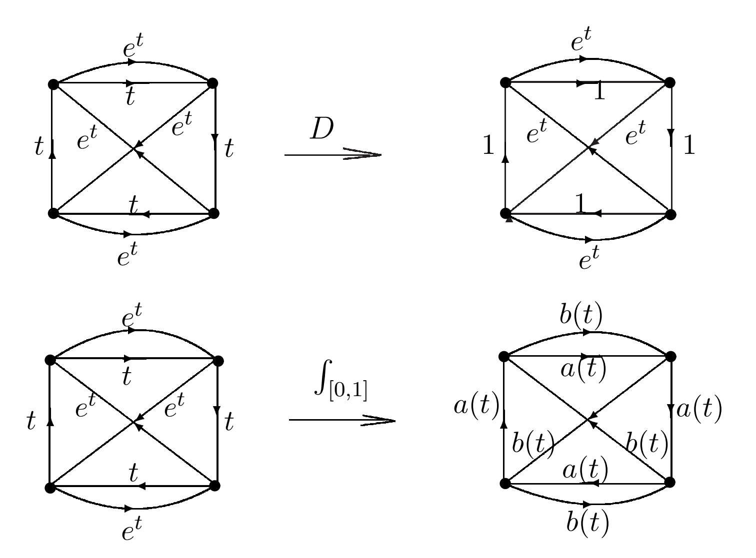


图 2.3.20

这里，$a(t)=\dfrac{t^2}{2}+\dfrac{1}{4}$，$b(t)=(e-1)t^2+e-2$.

4.2 方程的重叠空间解

注意，在给定的初始条件下解 Schrödinger 方程 (1.3) 只能得到微观粒子 P 的一种态，然而，微观粒子 P 处在多态中，其合理解释促使 H.Everett 机械地引入重叠空间，以及 Sakata，或 Gell-Mann 和 Ne'eman 引入微观粒子的夸克模型。实际上，定

理 4.1 – 4.3 可以使人们在 $\overrightarrow{G}^{\mathscr{A}}$ 中求解线性方程 (3.1) 的重叠空间解, 从而为他们的工作给出一个数学解释。

例如, 我们可以考虑热传导方程上的 Cauchy 问题, 即方程

$$\frac{\partial X}{\partial t} = c^2 \sum_{i=1}^{n} \frac{\partial^2 X}{\partial x_i^2}$$

在初值条件 $X|_{t=t_0}$ 下在空间 $\overrightarrow{G}^{\mathbb{R}^n\times\mathbb{R}}$ 中, 即图 $\overrightarrow{G}$ 上的 Hilbert 空间 $\mathbb{R}^n \times \mathbb{R}$ 上的解, 进而得到如下热传导方程的重叠空间解。

定理 4.4([15]) *对 $\forall \overrightarrow{G}^{L'} \in \overrightarrow{G}^{\mathbb{R}^n\times\mathbb{R}}$ 和 $\mathbb{R}$ 中的一个非 0 常数 c, 在初值条件 $X|_{t=t_0} = \overrightarrow{G}^{L'} \in \overrightarrow{G}^{\mathbb{R}^n\times\mathbb{R}}$ 下, 如果对 $\forall (v,u) \in E\left(\overrightarrow{G}\right)$, $L'(v,u)$ 在 $\mathbb{R}^n$ 中是连续且是有界的, 则微分方程*

$$\frac{\partial X}{\partial t} = c^2 \sum_{i=1}^{n} \frac{\partial^2 X}{\partial x_i^2}$$

上的 Cauchy 问题在 $\overrightarrow{G}^{\mathbb{R}^n\times\mathbb{R}}$ 中一定可解。

同时, H.Everett 关于 Schrödinger 方程 (1.3) 的重叠空间解释不是别的, 而实质上是图 2.3.21 所示的一颗满足 $\psi_1 = \psi_{11} + \psi_{12}$, $\psi_{11} = \psi_{111} + \psi_{112}$, $\psi_{12} = \psi_{121} + \psi_{122}$, $\cdots$ 的 2- 叉树 (详见文献 [16], [17])。

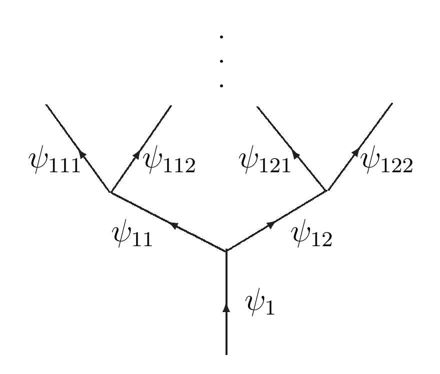


图 2.3.21

如果方程组 (3.1) 不是线性的，我们不能直接应用定理 4.1 – 4.3 得到其图 $\overrightarrow{G}$ 上的重叠空间解。但如果图 $\overrightarrow{G}$ 具有某种特殊的结构，例如其可圈分解，只要 (3.1) 在 $\mathscr{A}$ 中可解，我们仍可以在 Hilbert $\overrightarrow{G}$- 流空间 $\overrightarrow{G}^{\mathscr{A}}$ 中求解其上的 Cauchy 问题，并得到如下一般性结果，该结果同样可用来解释微观粒子的重叠态 ([17])、生物多样性，以及构建 Einstein 引力时空的重叠空间模型。

定理 4.5([15]) 如果图 $\overrightarrow{G}$ 是强连通的，且具有圈分解 $\overrightarrow{G}=\bigcup\limits_{i=1}^{l}\overrightarrow{C}_i$ 使得对 $\forall(v,u)\in E\left(\overrightarrow{C}_i\right)$, $1\leq i\leq l$，有 $L(v,u)=L_i\left(\boldsymbol{x}\right)$，以及对任意整数 $1\leq i\leq l$，*Cauchy* 问题

$$\begin{cases}\mathscr{F}_i\left(\boldsymbol{x},u,u_{x_1},\cdots,u_{x_n},u_{x_1x_2},\cdots\right)=0\\ u|_{\boldsymbol{x}_0}=L_i(\boldsymbol{x})\end{cases}$$

在子集 $\Delta\subset\mathbb{R}^n$ 上的 *Hilbert* 空间 $\mathscr{A}$ 中可解，则初值为 $\overrightarrow{G}^L\in\overrightarrow{G}^{\mathscr{A}}$，且对 $\forall(v,u)\in E\left(\overrightarrow{C}_i\right)$, $L\left(v,u\right)=L_i(\boldsymbol{x})$ 的 *Cauchy* 问题

$$\begin{cases}\mathscr{F}_i\left(\boldsymbol{x},X,X_{x_1},\cdots,X_{x_n},X_{x_1x_2},\cdots\right)=0\\ X|_{\boldsymbol{x}_0}=\overrightarrow{G}^L\end{cases}$$

一定可解。

定理 4.5 提供了研究重叠空间，特别是 Einstein 引力方程

$$R^{\mu\nu}-\frac{1}{2}Rg^{\mu\nu}+\lambda g^{\mu\nu}=-8\pi GT^{\mu\nu}$$

重叠空间解的一种方法，这里 $R^{\mu\nu}=R_{\alpha}^{\mu\alpha\nu}=g_{\alpha\beta}R^{\alpha\mu\beta\nu}$, $R=g_{\mu\nu}R^{\mu\nu}$ 分别为 Ricci 张量，Ricci 标量曲率，$G=6.673\times10^{-8}cm^3/gs^2$, $\kappa=8\pi G/c^4=2.08\times10^{-48}cm^{-1}\cdot g^{-1}\cdot s^2$。

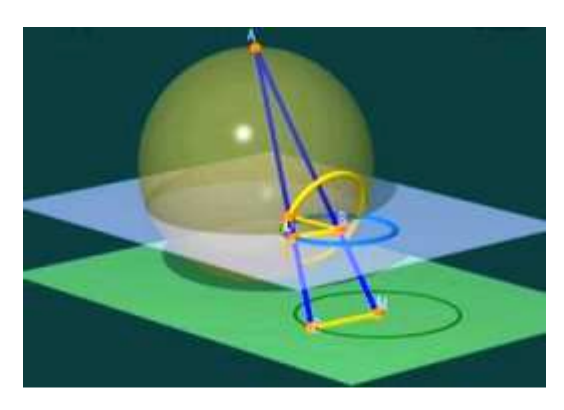


图 2.3.22

我们知道，Einstein 广义相对论是在 $\mathbb{R}^4$ 上建立的。然而，如果宇宙维数 $n>4$，我们应怎样来刻画宇宙时空呢？实际上，如果宇宙维数 >4，因为人的空间观测维数是 3，此时所有观测结果都是事物本真在人六个感官上的投影结果，即有分解 $\mathbb{R}^n=\bigcup\limits_{i=1}^{m}\mathbb{R}_i^4$ 和 $\left|\bigcap\limits_{i=1}^{m}\mathbb{R}_i^4\right|=1$，这里的观测共用一个时间维，正如图 2.3.22 中显示的 3- 维物体在 Euclidean 平面 $\mathbb{R}^2$ 上的投影一样。

在这种情形下，我们可以采用 $\mathbb{R}^4$ 标定的完全图 K_m^L 刻画时空（[7]-[8]）。例如，$m=4$，则在四个顶点 $v \in V\left(K_4^L\right)$ 上均有 Einstein 引力方程。在 $\mathbb{R}^4$ 上，我们可以采用球对称解一个一个的解这些方程，采用图 2.3.23 那样构造完全标定图 K_4^L，

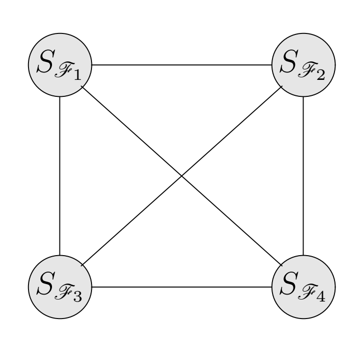


图 2.3.23

这里，对任意整数 $1 \le i \le 4$，$S_{\mathscr{F}_i}$ 表示 Schwarzschild 时空

$$ds^2 = f(t)\left(1-\frac{r_s}{r}\right)dt^2 - \frac{1}{1-\frac{r_s}{r}}dr^2 - r^2(d\theta^2 + \sin^2\theta d\phi^2)$$

的几何空间。

注意上面的 $m=4$ 仅是一个假设。我们至今不知道 m 的确切值是多少。

类似地，应用定理 4.5，我们也可以得到，甚至在空间 $\mathbb{R}^4$ 中得到 Einstein 引力方程的重叠空间解。当然，我们也不知道其中哪一个才是宇宙时空本真。

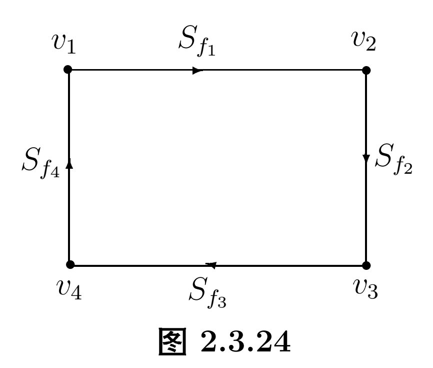


图 2.3.24

定理 4.6([15], [19]) Einstein 引力方程

$$R^{\mu\nu} - \frac{1}{2}Rg^{\mu\nu} = -8\pi G T^{\mu\nu}$$

在空间 $\overrightarrow{G}^{\mathbb{C}}$ 上有无数多个 $\overrightarrow{G}$- 流解，例如，在具有圈分解 $\overrightarrow{G} = \bigcup\limits_{i=1}^{m} \overrightarrow{C}_i$ 且其边均采用 Schwarzschild 时空标定的图 $\overrightarrow{G}$ 上。

例如, 设 $\overrightarrow{G}=\overrightarrow{C}_4$。我们很容易得到 Einstein 引力方程的 $\overrightarrow{C}_4$- 流解, 如图 2.3.24 所示。此时, 宇宙时空实际上是一个如图 2.3.25 显示的扭曲环。

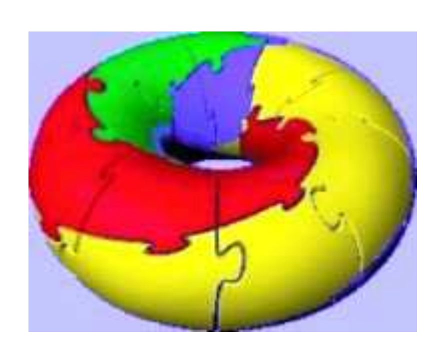


图 2.3.25

一般地，如果图 $\overrightarrow{G}$ 是 m 个有向圈 $\overrightarrow{C}_i$, $1\leq i\leq m$ 的并，则定理 4.6 意味着 Einstein 引力时空为 m 个扭曲环在空间中构成的几何空间, 其空间组合结构为 $\overrightarrow{G}$。

注意, 图 $\overrightarrow{G}$ 可圈分解当且仅当 $\overrightarrow{G}$ 是 Eulerian 图。这样, 定理 4.1 – 4.5 还可以应用于生物学中由 n 个种群组成的食物链整体稳定性的研究，得到如下结果。

定理 4.7([21]) 一个具有初值 $\overrightarrow{G}^{L_0}$ 的食物链 $\overrightarrow{G}^{L}$ 是整体稳定的或整体渐进稳定的当且仅当存在一个 Eulerian- 重分解

$$\left(\overrightarrow{G}\bigcup\overleftarrow{G}\right)^{\widehat{L}}=\bigoplus_{i=1}^{s}\overrightarrow{H}_i^L$$

使得对任意整数 $1\leq i\leq s$, Eulerian 子图 $\overrightarrow{H}_i^L$ 上的守恒方程解是稳定的或渐进稳定的，这里，$\left(\overrightarrow{G}\bigcup\overleftarrow{G}\right)^{\widehat{L}}$ 是图 $\overrightarrow{G}$ 上定义的双有向图 $\overrightarrow{G}\bigcup\overleftarrow{G}$，其上的标号映射 $\widehat{L}:V(\overrightarrow{G}\bigcup\overleftarrow{G})\rightarrow L\left(V(\overrightarrow{G})\right)$, $\widehat{L}:E\left(\overrightarrow{G}\bigcup\overleftarrow{G}\right)\rightarrow L\left(E\left(\overrightarrow{G}\bigcup\overleftarrow{G}\right)\right)$ 定义为 $\widehat{L}:(u,v)\rightarrow\{0,(x,y),yf'\}$, $(v,u)\rightarrow\{xf,(x,y),0\}$，此处，对 $\forall(u,v)\in E(\overrightarrow{G})$, $L:(u,v)\rightarrow\{xf,(x,y),yf'\}$，如图 2.3.26 所示，

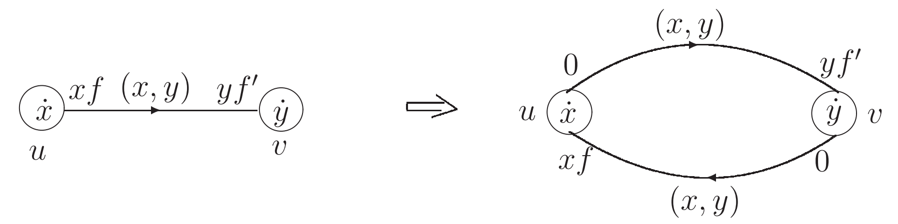


图 2.3.26

同时，图 $\left(\overrightarrow{G}\bigcup\overleftarrow{G}\right)^{\widehat{L}}$ 的重分解 $\bigoplus\limits_{i=1}^{s}\overrightarrow{H}_i^L$ 定义为

$$\left(\overrightarrow{G}\bigcup\overleftarrow{G}\right)^{\widehat{L}}=\bigcup_{i=1}^{s}\overrightarrow{H}_i,$$

这里，对任意整数 $1\leq\neq j\leq s$，$\overrightarrow{H}_i\neq\overrightarrow{H}_j$，$\overrightarrow{H}_i\bigcap\overrightarrow{H}_j=\emptyset$ 或 $\neq\emptyset$。

定理 4.8([21]) 如果双有向图 $\left(\overrightarrow{G}\bigcup\overleftarrow{G}\right)^{\widehat{L}}$ 存在一个 *Eulerian* 重分解

$$\left(\overrightarrow{G}\bigcup\overleftarrow{G}\right)^{\widehat{L}}=\bigoplus_{k=1}^{s}\overrightarrow{H}_k^L$$

且对任意 $v\in V(\overrightarrow{H}_k^L)$，其上的守恒方程在平衡点 $\overrightarrow{H}_k^{L_0}$ 的线性化方程 $A_vX_v=0_{h_v\times h_v}$ 中矩阵 A_v 的每个特征根 λ_i 均满足 $Re\lambda_i<0$，这里，$1\leq i\leq h_v$，则初值为 $\overrightarrow{G}^{L_0}$ 的食物链 $\overrightarrow{G}^L$ 是整体渐进稳定的，这里，$V(\overrightarrow{H}_k^L)=\{v_1,v_2,\cdots,v_{h_v}\}$，

$$A_v=\begin{pmatrix} a_{11}^v & a_{12}^v & \cdots & a_{1h_v}^v \\ a_{21}^v & a_{22}^v & \cdots & a_{2h_v}^v \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ a_{h1}^v & a_{h2}^v & \cdots & a_{hh_v}^v \end{pmatrix}$$

为常数矩阵，以及对任意整数 $1\leq k\leq s$，有 $X_k=(x_{v_1},x_{v_2},\cdots,x_{v_{h_v}})^T$。

§5. 结论

要回答连续数学与离散数学哪个更有利于理解事物本真这一哲学问题实属不易，因为我们的世界同时具有连续与离散特征。不过矛盾源于人类认识局限性而非事物本真。把握事物本真促使人们转化矛盾系统为相容系统，抛弃那种认为矛盾在认识事物本真上没有价值的错误观点，进而在经典数学基础上建立数学包络理论，而这就需要连续数学与离散数学的统一，即数学组合，因为经典数学中的非数学系统实际上是拓扑图 $\overrightarrow{G}$ 上的数学 (详见文献 [13])。

参考文献

[1] R.Abraham and J.E.Marsden, *Foundation of Mechanics* (2nd edition), Addison-Wesley, Reading, Mass, 1978。

[2] A.Eistein, *Relativity: the Special and General Theory*, Methuen & Co Ltd., 1916（有中译本）。

[3] H.Everett, Relative state formulation of quantum mechanics, *Rev.Mod.Phys.*, 29(1957), 454-462。

[4] Fred Brauer and Carlos Castillo-Chaver, *Mathematical Models in Population Biology and Epidemiology*(2nd Edition), Springer, 2012（有中译本）。

[5] 娄元，空间生物学中的反应扩散方程，中国科学. 数学卷, Vol.45(2015), 1619-1634。

[6] 毛林繁，Combinatorial speculation and combinatorial conjecture for mathematics, *International J.Math. Combin.* Vol.1(2007), No.1, 1-19。

[7] 毛林繁，Geometrical theory on combinatorial manifolds, *JP J.Geometry and Topology*, Vol.7, No.1(2007),65-114。

[8] 毛林繁，*Combinatorial Geometry with Applications to Field Theory*, The Education Publisher Inc., USA, 2011。

[9] 毛林繁，Non-solvable spaces of linear equation systems, *International J.Math. Combin.*, Vol.2(2012), 9-23。

[10] 毛林繁，Global stability of non-solvable ordinary differential equations with applications, *International J.Math. Combin.*, Vol.1 (2013), 1-37。

[11] 毛林繁，Non-solvable equation systems with graphs embedded in $\mathbf{R}^n$, *Proceedings of the First International Conference on Smarandache Multispace and Multistructure*, The Education Publisher Inc. July, 2013。

[12] 毛林繁，Geometry on G^L-systems of homogenous polynomials, *International J.Contemp. Math. Sciences*, Vol.9 (2014), No.6, 287-308。

[13] 毛林繁，Mathematics on non-mathematics - A combinatorial contribution, *International J.Math. Combin.*, Vol.3(2014), 1-34。

[14] 毛林繁，Cauchy problem on non-solvable system of first order partial differential equations with applications, *Methods and Applications of Analysis*, Vol.22, 2(2015), 171-200。

[15] 毛林繁，Extended Banach $\overrightarrow{G}$-flow spaces on differential equations with applications, *Electronic J.Mathematical Analysis and Applications*, Vol.3, No.2 (2015), 59-91。

[16] 毛林繁，A new understanding of particles by $\overrightarrow{G}$-flow interpretation of differential equation, *Progress in Physics*, Vol.11(2015), 193-201。

[17] 毛林繁, A review on natural reality with physical equation, *Progress in Physics*, Vol.11(2015), 276-282。

[18] 毛林繁, Mathematics after CC conjecture – combinatorial notions and achievements, *International J.Math. Combin.*, Vol.2(2015), 1-31。

[19] 毛林繁, Mathematics with natural reality–action flows, *Bull.Cal.Math.Soc.*, Vol.107, 6(2015), 443-474。

[20] 毛林繁, Labeled graph – A mathematical element, *International J.Math. Combin.*, Vol.3(2016), 27-56。

[21] 毛林繁, Biological n-system with global stability, *Bull.Cal.Math.Soc.*, Vol.108, 6(2016), 403-430。

[22] J.D.Murray, *Mathematical Biology I: An Introduction* (3rd Edition), Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2002。

[23] Y.Nambu, *Quarks: Frontiers in Elementary Particle Physics*, World Scientific Publishing Co.Pte.Ltd, 1985 (有中译本)。

[24] Quang Ho-Kim and Pham Xuan Yem, *Elementary Particles and Their Interactions*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1998。

[25] F.Smarandache, *Paradoxist Geometry*, State Archives from Valcea, Rm. Valcea, Romania, 1969, and in *Paradoxist Mathematics*, Collected Papers (Vol. II), Kishinev University Press, Kishinev, 5-28, 1997。

[26] F.Smarandache, A new form of matter – unmatter, composed of particles and anti-particles, *Progess in Physics*, Vol.1(2005), 9-11。

[27] F.Smarandache and D.Rabounski, Unmatter entities inside nuclei, predicted by the Brightsen nucleon cluster model, *Progress in Physics*, Vol.1(2006), 14-18。

[28] M.Tegmark, Parallel universes, in *Science and Ultimate Reality: From Quantum to Cosmos*, ed. by J.D.Barrow, P.C.W.Davies and C.L.Harper, Cambridge University Press, 2003 (有中译本)。

理论物理引发的二十一世纪数学

—*Smarandche*重空间理论 [1,2]

摘要. 从上个世纪二十年代开始，理论物理学家一直致力于建立物理学的一种大统一理论，即*Theory of everything*。这种祈求在几代物理学家的努力下，于上个世纪末初见成效，这就是理论物理中弦理论及 M- 理论的创立。物理学家同时意识到，建立这种大统一理论的难点在于数学家没有建立与此相对应的数学理论，用他们的话说，就是二十一世纪的物理学已经建立起来了，但制约其研究与发展的颈瓶在于数学家还没有建立起二十一世纪的数学理论。实际上，物理学家可能不清楚，在弦理论与 M- 理论建立的同时，数学家也建立了一种可以称之为二十一世纪数学的理论，这就是*Smarandache*重空间理论，其应用的对象正是理论物理学家所祈求的，当然，作为一种数学理论，其覆盖面远较理论物理的需求要广泛得多。本文的主要目的在于系统地介绍这一理论的产生背景、研究的主要问题、思想、主要方法以及主要研究成果等, 从中可以看出组合数学思想在其创立过程中起到的推动作用。本文主要取材于作者新近在美国出版的一本专著 [16] 中的部分材料。

Abstract. Begin with 20s in last century, physicists devote their works to establish a unified field theory for physics, i.e., the *Theory of Everything*. The aim is near in 1980s while the String/M-theory has been established. They also realize the bottleneck for developing the String/M-theory is there are no applicable mathematical theory for their research works. “*the Problem is that 21st-century mathematics has not been invented yet*”, They said. In fact, mathematician has established a new theory, i.e., the *Smarandache* multi-space theory applicable for their needing while the the String/M-theory was established. The purpose of this paper is to survey its historical background, main thoughts, research problems, approaches and some results based on the

---

[1]2006 年 3 月、8 月分别在四川省万源中学和全国第二届组合数学与图论学术交流会（天津，南开大学）报告

[2]中国科技论文在线，200607-91

monograph [16] of mine. We can find the central role of combinatorial speculation in this process.

关键词：宇宙大爆炸理论，M- 理论，重空间，地图几何，*Smarandache*几何，伪度量空间几何，*Finsler*几何。

分类号 AMS(2000): 03C05, 05C15, 51D20,51H20, 51P05, 83C05,83E50

§1. 宇宙暴涨模型提出的数学问题

1.1. 物理时空

静态空间采用长、宽、高描写，记：长 $= x$, 宽 $= y$，高 $= z$，则一个静态空间可以用三个参数进行描写，即坐标 (x, y, z)；动态空间采用长、宽、高、时间描写，如果记时间变量为 t，则一个动态空间可以采用坐标 (x, y, z, t) 描写。静态空间及其变化见图 2.4.1。将时间看作一个变化数轴，则人类在某一个时刻看到的宇宙形态实际上是整个宇宙的一个截面 (section)。

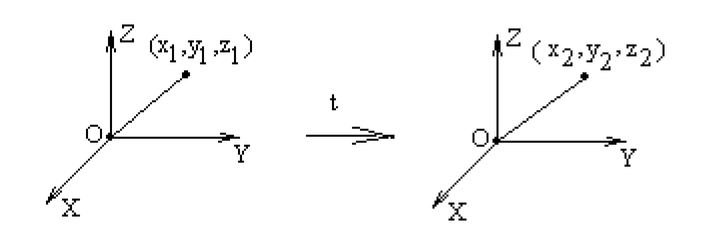


图 2.4.1 坐标系的时间变化

人类的生产生活实践表明，人类生活的宇宙空间与上面动态空间是一致的，即人类生活的空间是 3 维的，如果加上时间变量，则是 4 维的, 这就是 Einstein 的时空观。

1.2. 宇宙创生的大爆炸理论

依据人类数千年的观察，特别是 Einstein 的引力场方程，物理学家建立了宇宙的大爆炸理论，这种理论认为，宇宙起源于一个近似于真空状态的均匀球状空间，这个空间具有真空能。外界条件的变化，使这个均匀的、有能量的球空间发生了爆炸、合成基本粒子、释放能量，高温高能量状态下，基本粒子合成了最初几种简单物质，在经过近 137 亿年的演化形成了今天的浩瀚宇宙。

依据 Hawking 的观点，爆炸产生过程类似于水中气泡运动的结果 ([6] – [7])，如图 2.4.2 所示。

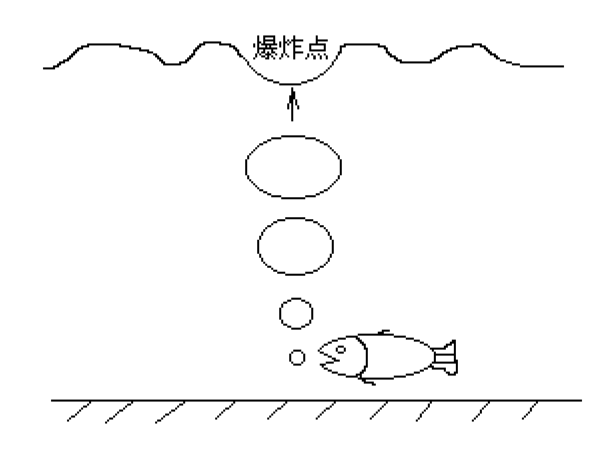


图 2.4.2

水中气泡的运动

图 2.4.3 中，详细描述了宇宙由大爆炸开始的演化与膨胀，直至产生今天人类观测得到的宇宙过程。

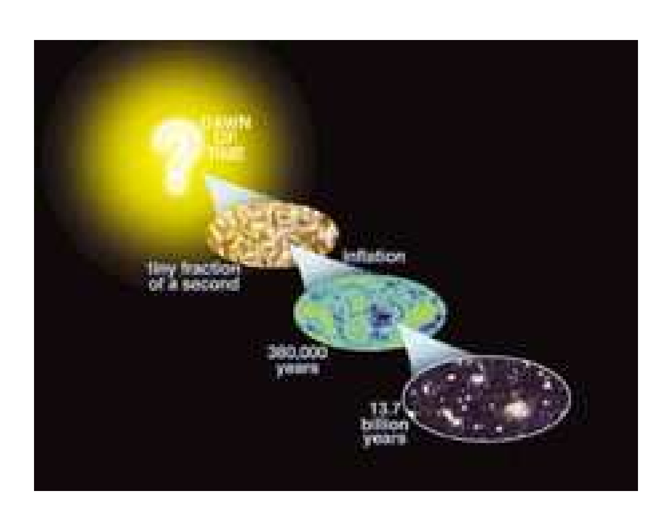


图 2.4.3 宇宙大爆炸的过程

依据大爆炸理论的计算结果，宇宙诞生以后的演化过程大致如下：

起点 —宇宙大爆炸开始于一个真空球空间，一个约 137 亿年前爆炸的“原始火球”，它的起始时间为 0。它有无限高的温度和无限大的密度。目前还不能用已知的数学和物理的规律说明当时的情况。时间从此爆炸开始，空间也从此急剧膨胀扩大。

普郎克时代 —时间 10^{-43} 秒，密度是 $10^{93}kg/m^3$，温度降到 10^{32}K。这时的宇

宙均匀而且对称，只有时间、空间和真空场。

大统一时代 —时间 10^{-35} 秒，温度降到 10^{28}K，宇宙发生了数次暴涨，其直径在 10^{-32} 秒的时间内增大了 10^{50} 倍。暴涨引起了数目惊人的粒子产生，这时虽然引力已从统一的力分离出来，但由于能量过高，强力、弱力和电磁力都还未分开，产生的粒子也没有区分。这一时期重子数不守恒的过程大量进行，造成重子略多于反重子，其后温度降低，等数目的重子和反重子相遇湮灭，就留下了只有中子和质子而几乎看不到反重子的不对称的现时的宇宙。

强子时代 —时间 10^{-6} 秒，温度为 10^{14}K；

轻子时代 —时间 10^{-2} 秒，温度为 10^{12}K；这期间，强作用、弱作用和电磁作用逐渐区分开。宇宙中出现了各种粒子，由于温度很高 (10^{10}K 以上)，粒子的生存时间都是极短的，它们通过相互碰撞而相互转化，原子这时还没出现。

辐射时代 —时间 $1-10$ 秒，温度降至约 $10^{10}-5\times10^{9}$K，质子和反质子、电子和正电子相遇时湮灭，产生了大量的光子、中微子以及反中微子，基本粒子开始结合成原子核，能量以光子辐射的形式出现 (人们探索微观世界和宇宙结构的努力在这里会合)。

氦形成时代 —时间 3 分钟，温度降至约 10^{9}K，直径膨胀到约 1 光年大小，有近三成物质合成为氦，核反应消失；半小时后，有质量的粒子数和光子数的比约达到了 10^{-9}，辐射密度仍然大于物质密度。

粒子数丰度稳定时代 —半小时后，温度降低到 10^{8}K，各种粒子在相互碰撞中因能量不足已不能相互转化 (少量的湮灭除外)，从这时起, 宇宙中各种粒子数的丰度就趋于稳定。由于这时温度仍然很高，光子有足够的能量击碎任何短暂形成的原子，把后者的电子剥去，所以当时没有可能出现原子。

进入物质时代 —时间 $1000-2000$ 年，温度降至约 10^{5}K，物质密度开始大于辐射密度。由于宇宙的膨胀，光子到达任何一点（例如一个刚刚形成的原子）时都将因退行引起的多普勒效应而使其波长增大而能量减小，由于退行速度随宇宙的膨胀而逐渐增大，这些光子的波长也就不断增大而能量不断减小。

物质从背景辐射中透明出来 —时间 10^{5} 年，温度降至约 5000K，物质温度开始低于辐射温度，最重和最轻的基本粒子数的比值保持恒定。大约经过一百万年，由爆炸初期产生的光子的能量就降到了不足以击碎原子甚至激发原子的程度，宇宙这时就进入了光子和原子相互分离的退耦时代，即宇宙变成了透明的，温度大约降为 3000K。从这时开始，原子开始形成，但也只能产生较轻的元素。至于较重的元素，那是在星系、恒星形成后，在恒星内部形成的，恒星形成后，各恒星内部产生了各自不同的温度。超过铁的更重元素则是在超新星爆发或星系的碰撞、爆发中形成的。

星系形成 —时间 10^8 年，辐射温度降至约 100K，物质温度为 1K。

类星体、恒星、行星及生命先后出现——时间 10^9 年，温度降至约 12K，太空逐渐形成我们后来观测到的情景。

目前阶段 —时间 10^{10} 年，辐射温度降至约 3K，星系物质温度约 10^5K。

1.3. 宇宙大爆炸理论引出的数学问题

理论物理与实验物理研究表明物质由三种物质粒子，即电子 e、上夸克 u 和下夸克 d 构成。二十世纪初出现了两种描述粒子之间相互作用的理论，这就是 Einstein 的相对论和 Dirac 的量子力学。相对论是描述引力的理论，一般用于研究宇宙物理学；而量子力学是关于微观粒子作用力的理论，包括电磁力、强核磁力、弱核磁力。这四种作用力构成了粒子之间相互作用的基本作用力。

从上个世纪二十年代开始，许多物理学家，包括 Einstein 本人一直致力于统一这四种基本作用力，即统一相对论和量子力学，建立物理学的大统一理论，即文献中经常出现的*Theory of Everything*。经过 80 多年的研究，问题一直没有得到圆满解决。问题的难点在于广义相对论是关于宏观宇宙的理论，如银河系、太阳系、黑洞等，其假设物质是连续分布的；而量子力学是关于微观宇宙的理论，如电子、质子、中子等，其假设物质是离散分布的。而且伴随着深入研究，带来了人类认识领域的一些新问题，比如

宇宙是唯一的吗？如果不唯一，有多少个宇宙？为什么人类看不到其他宇宙？人类生活其中的宇宙的维数等于多少？真的如人类通常认为的 3 维吗？

Einstein 依据其提出的广义相对性原理：*所有物理规律在任意参考系中具有相同的形式*和等效原理：*在一个较小的区域内惯性力和引力的任何物理效应是不可区分的*建立了引力场方程，即

$$R_{\mu\nu}-\frac{1}{2}Rg_{\mu\nu}+\lambda g_{\mu\nu}=-8\pi GT_{\mu\nu}.$$

结合宇宙学原理，即*度量尺度为 $10^4 l.y$ 时，宇宙中任何一点和一个点的任何方向均无差别*，*Robertson-Walker*得到了引力场方程的一种球对称解

$$ds^2=-c^2dt^2+a^2(t)[\frac{dr^2}{1-Kr^2}+r^2(d\theta^2+\sin^2\theta d\varphi^2)].$$

相应的宇宙称为 Friedmann 宇宙。经过多年的天文观察，Hubble 在 1929 发现，人类居住的宇宙是一个日益加速膨胀的宇宙，故探求引力场方程的加速膨胀解成了物理学家的主要方向，即其需满足条件

$$\frac{da}{dt}\ >\ 0,\quad \frac{d^2a}{dt^2}\ >\ 0.$$

我们知道, 若

$$a(t) = t^{\mu}, \qquad b(t) = t\nu,$$

这里,

$$\mu = \frac{3 \pm \sqrt{3m(m+2)}}{3(m+3)}, \nu = \frac{3 \mp \sqrt{3m(m+2)}}{3(m+3)},$$

则 Kasner 度规

$$ds^2 = -dt^2 + a(t)^2 d^2_{\mathbf{R}^3} + b(t)^2 ds^2(T^m)$$

为 Einstein 场方程的 $4+m$ 维真空解。一般情况下, 这个解并不能给出 4 维加速膨胀解。但采用时间转移对称变换

$$t \to t_{+\infty} - t, \quad a(t) = (t_{+\infty} - t)^{\mu},$$

我们得到一个 4 维的加速膨胀解, 因为

$$\frac{da(t)}{dt} > 0, \quad \frac{d^2 a(t)}{dt^2} > 0.$$

二十世纪末出现的 M- 理论为解决上述问题奠定了基础。这一理论假设粒子不是质点而是维数不同的 p-膜, 即沿着 p 个方向有长度的子空间, 这里 p 是一个正整数。1-膜一般称作弦, 2-膜称作面膜。图 2.4.4 中给出了 1- 膜、2- 膜及其运动。

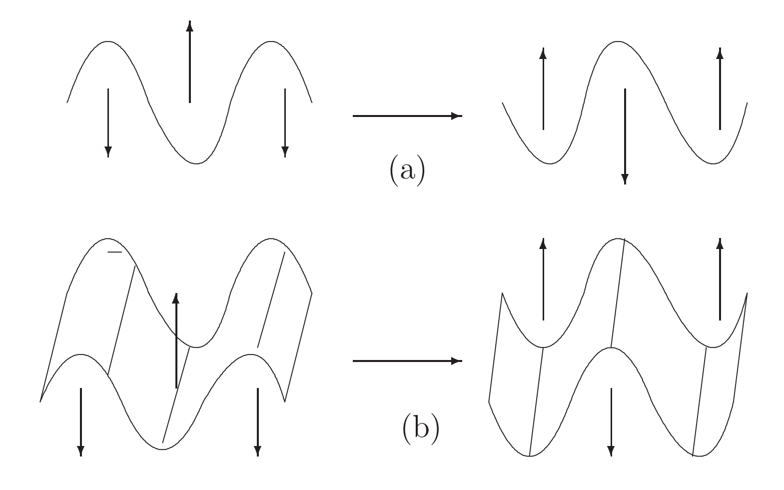


图 2.4.4 膜的运动

依据 M 理论, 宇宙创生开始时的那个球形空间维数是 11 维的, 大爆炸开始后, 其中 4 个方向维在急剧的扩张、延伸, 而另外 7 个方向维则在急剧卷曲、缩小, 这样形成我们今天看得到的 4 维宏观宇宙和看不见的 7 维微观宇宙。4 维宏观宇宙内

的作用力符合 Einstein 引力场方程，而 7 维微观宇宙内的作用力符合迪拉克方程，由此得到下面这个结论。

定理 1.1 M- 理论的时空是一个在每个点卷曲一个 7 维空间 $\mathbf{R}^7$ 的 4 维空间 $\mathbf{R}^4$。

应用定理 1.1 和双曲空间上的超引力的紧化条件，我们可以得到*Townsend-Wohlfarth*型的 4 维加速膨胀宇宙模型

$$ds^2 = e^{-m\phi(t)}(-S^6dt^2 + S^2dx_3^2) + r_C^2e^{2\phi(t)}ds_{H_m}^2,$$

这里

$$\phi(t) = \frac{1}{m-1}(\ln K(t) - 3\lambda_0 t), \quad S^2 = K^{\frac{m}{m-1}}e^{-\frac{m+2}{m-1}\lambda_0 t}$$

且

$$K(t) = \frac{\lambda_0\zeta r_c}{(m-1)\sin[\lambda_0\zeta|t+t_1|]},$$

这里 $\zeta = \sqrt{3+6/m}$. 取时间 ς 满足 $d\varsigma = S^3(t)dt$，则加速膨胀宇宙的条件 $\frac{dS}{d\varsigma} > 0$ 和 $\frac{d^2S}{d\varsigma^2} > 0$ 均得到满足。数值计算表明，若 $m = 7$ 则膨胀因子为 3.04。

从数学角度讲，定理 1.1 中的点实际上不是点而是空间，由此引深的数学问题是

是否存在这样一种数学空间，其中每个点包含另一个 1 维以上的空间？

直觉表明，如果这样的数学空间存在，那它一定不是我们日常生活中看得到的空间，也不是我们在经典数学中遇见过的空间，例如在 3 维线性空间中，每个点可以表示为 (x, y, z)，它不可能包含一个维数大于等于 1 的子空间。

§2. Smarandache **重空间**

首先考虑一个简单的问题：

$$1 + 1 =?$$

在自然数系中，我们知道 1+1=2。在 2 进制运算体系中，我们还知道 1+1=10，这里的 10 实际上还是 2。因为在 2 进制运算体系中只有两个运算元素 0 和 1，其运算规则为

$$0 + 0 = 0, 0 + 1 = 1, 1 + 0 = 1, 1 + 1 = 10.$$

依据“否定之否定等于肯定”的哲学思想，我们采用一种“反思维的、叛逆的”思想 ([18] − [20]) 来重新看待这个问题，重新分析 $1+1=2$ 或 $\neq 2$。

我们知道 $1,2,3,4,5,\cdots$ 这样的数构成自然数系 N。在这个数系中，依据数数的规律，每个数称为前面紧邻着的数的后继数，即 2 的后继数为 3，记为 $2'=3$。同样，$3'=4, 4'=5,\cdots$。这样我们就得到了

$$1+1=2, 2+1=3, 3+1=4, 4+1=5, \cdots;$$

同时还得到了

$$1+2=3, 1+3=4, 1+4=5, 1+5=6, \cdots$$

这样一些运算等式。从而在这种自然数的运算体系下，我们只能得到 $1+1=2$ 的结论。

现在，我们回顾一下运算的定义。给定一个集合 S，对 $\forall x,y\in S$，定义 $x*y=z$，意思是 S 上存在一个 2 元结合映射 $*: S\times S\to S$，使得

$$*(x,y)=z.$$

采用图解的方式，我们可以用图把这种关系在平面上表示出来。首先把 S 中的每个元用平面上的点表示，如果 S 中有 n 个元，则在平面上就取 n 个不共线的点；两个点 x,z 之间连接一条有向线段，如果存在一个元 y 使得 $x*y=z$，我们在这条线段上标上 $*y$，称为该线段的权重，如图 2.4.5 所示。



图 2.4.5 连线及赋权方法

注意这种对应是 $1-1$ 的。记 S 对应的图为 $G[S]$。现在，如果我们想找到一个满足 $1+1=3$ 的运算系统，我们可以先给出 $1+1, 2+1, \cdots$ 等初值并通过图解来完成。

定义 2.1 一个代数系统 $(A;\circ)$ 称为单一的若存在一个映射 $\varpi: A\to A$ 使得对 $\forall a,b\in A$，只要 $a\circ b\in A$，则存在一个唯一的元 $c\in A$, $c\circ\varpi(b)\in A$，相应地称 ϖ 为单一映射。

我们很容易得到以下关于代数系统 $(A;\circ)$ 与图 $G[A]$ 的关系的一个结果。

定理 2.1 设 $(A;\circ)$ 为一个代数系统，则

(i) 若 $(A;\circ)$ 上存在一个单一映射 ϖ，则 $G[A]$ 是一个 Euler 图。反之，若 $G[A]$ 是一个 Euler 图，则 $(A;\circ)$ 是一个单一运算系统。

(ii) 若 $(A;\circ)$ 是一个完全的代数运算系统，则 $G[A]$ 中每个顶点的出度为 $|A|$；此外，如果 $(A;\circ)$ 上消去律成立，则 $G[A]$ 是一个完全的重 2- 图且每个顶点粘合一个环使得不同顶点之间的边为相对 2- 边，反之亦然。

对于有限个元的情形，可以采用一种有限图的方式规定出所有运算结果，图 2.4.6 给出了 $|S|=3$ 的两种运算体系。

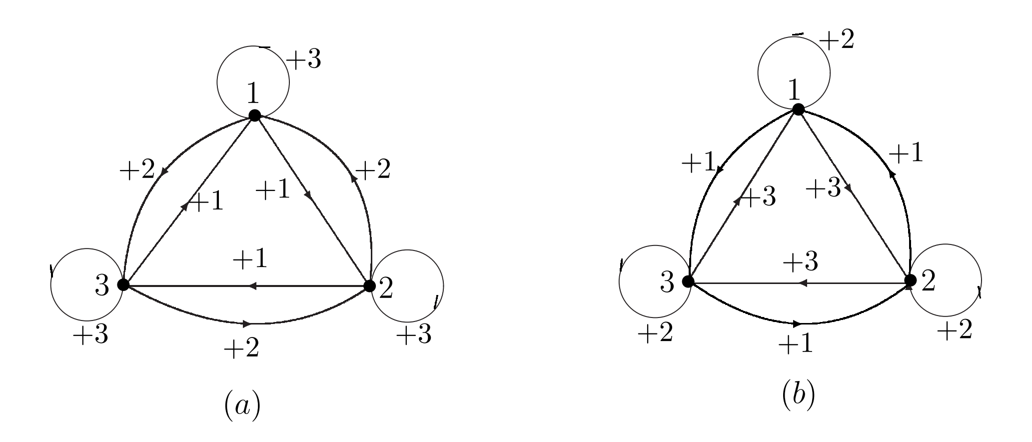


图 2.4.6 3 个元的加法运算图

由图 2.4.6(a) 有

$$1{+}1=2,1{+}2=3,1{+}3=1;2{+}1=3,2{+}2=1,2{+}3=2;3{+}1=1,3{+}2=2,3{+}3=3.$$

由图 2.4.6(b) 有

$$1{+}1=3,1{+}2=1,1{+}3=2;2{+}1=1,2{+}2=2,2{+}3=3;3{+}1=2,3{+}2=3,3{+}3=1.$$

对一个集合 $S,|S|=n$，可以在其上定义 n^3 种不同的运算体系。这样我们就可以在一个集合上同时定义出 h 种运算，$h\leq n^3$ 而得到一个 h- 重运算体系 $(S;\circ_1,\circ_2,\cdots,\circ_h)$。在经典代数学中，群是单一的运算体系，环、域、体等均是 2 重运算体系。一般地，我们定义一个 Smarandache n- 重空间如下。

定义 2.2 一个 n- 重空间 $\sum$，定义为 n 个集合 $A_1,A_2,\cdots,A_n$ 的并

$$\sum=\bigcup_{i=1}^{n}A_i$$

且每个集合 A_i 上均定义了一种运算 $\circ_i$ 使得 $(A_i, \circ_i)$ 为一个代数体系，这里 n 为正整数，$1 \leq i \leq n$。

在重空间的框架下，我们可以进一步推广经典代数学中群、环、域及向量空间的概念而得到重群、重环、重域及重向量空间的概念，并得到相应的代数结构。

定义 2.3 设 $\widetilde{R} = \bigcup\limits_{i=1}^{m} R_i$ 为一个完备的 m- 重空间，且对任意整数 $i, j,\ i \neq j, 1 \leq i, j \leq m$, $(R_i; +_i, \times_i)$ 为一个环且对任意元 $\forall x, y, z \in \widetilde{R}$，只要相应的运算结果均存在，则有

$$(x +_i y) +_j z = x +_i (y +_j z), \quad (x \times_i y) \times_j z = x \times_i (y \times_j z)$$

以及

$$x \times_i (y +_j z) = x \times_i y +_j x \times_i z, \ \ (y +_j z) \times_i x = y \times_i x +_j z \times_i x,$$

则称 $\widetilde{R}$ 为一个 m- 重环。若对任意整数 $i, 1 \leq i \leq m$, $(R; +_i, \times_i)$ 是一个域，则称 $\widetilde{R}$ 为一个 m- 重域。

定义 2.4 设 $\widetilde{V} = \bigcup\limits_{i=1}^{k} V_i$ 为一个完备的 m- 重空间，其运算集合为 $O(\widetilde{V}) = \{(\dot{+}_i, \cdot_i) \mid 1 \leq i \leq m\}$, $\widetilde{F} = \bigcup\limits_{i=1}^{k} F_i$ 为一个重域，其运算集合为 $O(\widetilde{F}) = \{(+_i, \times_i) \mid 1 \leq i \leq k\}$。若对任意整数 $i, j,\ 1 \leq i, j \leq k$ 及任意元 $\forall \mathbf{a}, \mathbf{b}, \mathbf{c} \in \widetilde{V}$, $k_1, k_2 \in \widetilde{F}$, 只要对应的运算结果存在，则

(*i*) $(V_i; \dot{+}_i, \cdot_i)$ 为域 F_i 上的向量空间，其向量加法为“$\dot{+}_i$”，标量乘法为“$\cdot_i$”；

(*ii*) $(\mathbf{a} \dot{+}_i \mathbf{b}) \dot{+}_j \mathbf{c} = \mathbf{a} \dot{+}_i (\mathbf{b} \dot{+}_j \mathbf{c})$;

(*iii*) $(k_1 +_i k_2) \cdot_j \mathbf{a} = k_1 +_i (k_2 \cdot_j \mathbf{a})$;

则称 $\widetilde{V}$ 为重域 $\widetilde{F}$ 上的 k 重向量空间，记为 $(\widetilde{V}; \widetilde{F})$。

由此我们知道，M- 理论中的空间模型实际上是一种重空间模型。

定理 2.2 设 $P = (x_1, x_2, \cdots, x_n)$ 为 n- 维欧氏空间 $\mathbf{R}^n$ 中的一个点。则对任意整数 $s, 1 \leq s \leq n$，点 P 包含一个 s 的子空间。

证明 注意欧氏空间 $\mathbf{R}^n$ 中存在标准基 $e_1 = (1, 0, 0, \cdots, 0)$, $e_2 = (0, 1, 0, \cdots, 0)$, $\cdots$, $e_i = (0, \cdots, 0, 1, 0, \cdots, 0)$ (第 i 个元为 1，其余为 0), $\cdots$, $e_n = (0, 0, \cdots, 0, 1)$ 使得 $\mathbf{R}^n$ 中的任意点 $(x_1, x_2, \cdots, x_n)$ 可以表示为

$$(x_1, x_2, \cdots, x_n) = x_1 e_1 + x_2 e_2 + \cdots + x_n e_n$$

取域 $F=\{a_i,b_i,c_i,\cdots,\ d_i;i\geq 1\}$，我们定义一个新的向量空间

$$\mathbf{R}^-=(V,+_{new},\circ_{new}),$$

这里 $V=\{x_1,x_2,\cdots,x_n\}$。不失普遍性，我们假定 $x_1,x_2,\cdots,x_s$ 是独立的，即若存在标量 $a_1,a_2,\cdots,a_s$ 使得

$$a_1\circ_{new}x_1+_{new}a_2\circ_{new}x_2+_{new}\cdots+_{new}a_s\circ_{new}x_s=0,$$

则定有 $a_1=a_2=\cdots=0_{new}$ 且存在标量 $b_i,c_i,\cdots,d_i$，$1\leq i\leq s$，使得

$$x_{s+1}=b_1\circ_{new}x_1+_{new}b_2\circ_{new}x_2+_{new}\cdots+_{new}b_s\circ_{new}x_s;$$

$$x_{s+2}=c_1\circ_{new}x_1+_{new}c_2\circ_{new}x_2+_{new}\cdots+_{new}c_s\circ_{new}x_s;$$

$$\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots;$$

$$x_n=d_1\circ_{new}x_1+_{new}d_2\circ_{new}x_2+_{new}\cdots+_{new}d_s\circ_{new}x_s.$$

从而我们得到点 P 上的一个 s- 维子空间。 ♮

推论 2.1 设 P 为欧氏空间 $\mathbf{R}^n$ 中的一个点。则存在一个子空间序列

$$\mathbf{R}_0^-\subset\mathbf{R}_1^-\subset\cdots\subset\mathbf{R}_{n-1}^-\subset\mathbf{R}_n^-$$

使得 $\mathbf{R}_n^-=\{P\}$ 且子空间 $\mathbf{R}_i^-$ 的维数为 $n-i$，这里 $1\leq i\leq n$。

§3. 地图与地图几何

3.1. Smarandache 几何

*Smarandache*几何是一种最广泛的非欧几何，其内容涵盖目前熟知的 Lobachevshy-Bolyai 几何、Riemann 几何与 Finsler 几何，其出发点是采用反命题逐条取代欧氏几何中的对应公设。我们首先回顾一下欧氏几何及双曲几何、Riemann 几何的创立过程。

欧氏几何的公理体系由下面这五条公设组成：

(1)从每个点到每个其他的点必定可以引直线；
(2)每条直线都可以无限延长；
(3)以任意点为中心，通过任何给定的另一点可以作一圆；
(4)所有直角都相等；

(5)同平面内如有一条直线与另两条直线相交，且在前一条直线的一侧所交的两内角之和小于两直角，则后两条直线必在这一侧相交，如图 2.4.7 所示。

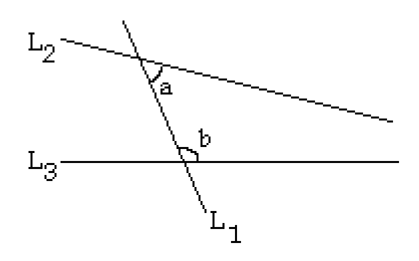


图 2.4.7 一条直线与两条不平行直线相交

这里，$\angle a + \angle b < 180^O$。最后一条公设通称为欧氏第五公设，它还可以采用下面这种叙述方法：

过给定直线外的一点，恰存在一条直线与给定的直线不相交。

自从欧氏公设公布以来，人们一直觉得其第五公设不应该作为公设出现，它看上去实在应该是一个命题。为此，许多数学家致力于采用前四条公设证明第五公设，但一直没有成功。于是有人想用其他假设代替欧氏第五公设，检验得到的公理体系是否完备，是否存在矛盾。十九世纪，Lobachevshy 和 Bolyai、Riemann 分别采用不同的假设取代欧氏第五公设获得成功。他们采用的假设分别是：

Lobachevshy-Bolyai 假设：过给定直线外的一点，至少存在两条直线与给定的直线不相交。

Riemann 假设：过给定直线外的一点，不存在直线与给定的直线不相交。

Riemann 假设得到重视的原因在于由此可以建立黎曼几何，后者被 Einstein 用为其相对论中的引力时空，即把引力场看作一个黎曼空间。

同样地，我们是否可以进一步去改变欧氏公设得到新的几何而涵盖原有的欧氏几何、Lobachevshy-Bolyai 几何、Riemann 几何和 Finsler 几何？文献 [16] 中解决了这个问题。问题的解决得力于应用 Smarandache 几何思想而建立伪度量空间几何，这里对 Smarandache 几何作一个简要介绍如下，下一节再介绍伪度量空间几何。

Smarandache 几何包含悖论几何、非几何、反射影几何和反几何等四种，分别依据不同的公设建立。其中，悖论几何采用的公设为欧氏公设 (1) - (4) 以及下面任何一条公设：

$(P-1)$ 至少存在一条直线和该直线外的一点，使得经过该点的直线均与这条

直线不相交；

$(P-2)$ 至少存在一条直线和该直线外的一点，使得经过该点恰存在一条直线与这条直线不相交；

$(P-3)$ 至少存在一条直线和该直线外的一点，使得经过该点恰存在有限的 k 条直线与这条直线不相交，$k \geq 2$；

$(P-4)$ 至少存在一条直线和该直线外的一点，使得经过该点恰存无数条直线与这条直线不相交；

$(P-5)$ 至少存在一条直线和该直线外的一点，使得经过该点的任何直线均与这条直线相交。

非几何采用的公理体系是否定欧氏几何 5 条公设中的 1 个或数个，即采用以下一条或数条公设取代欧氏公设中的对应公设：

(-1) 过给定的任意两点不一定存在一条直线；

(-2) 存在一条直线不能无限延长；

(-3) 给定一点和一个实数，并不一定可以画出一个圆；

(-4) 直角并不一定相等；

(-5) 过给定直线外的一点，不一定存在一条直线与给定的直线不相交。

反射影几何采用的公理体系是否定射影几何中的一条或数条公设，相应采用下述公设取代：

$(C-1)$ 至少存在两条直线或没有直线包含两个给定的点；

$(C-2)$ 设 A,B,C 为三个不共线的点，D,E 为两个不同点。若 A,D,C 和 B,E,C 三点共线，则通过 A,B 的直线与通过 D,E 的直线不相交；

$(C-3)$ 每条直线至多含有两个不同的点。

反几何采用的公理体系是否定 Hilbert 公理体系中的一条或数条公设。

定义 3.1 一个公设称为*Smarandache*否定的，若其在同一个空间中同时表现出成立或不成立，或至少以两种以上方式表现不成立。

一个含有 Smarandache 否定公设的几何称为*Smarandache*几何。

下面这个例子以及下面两小节表明 Smarandache 几何是普遍存在的。

例 3.1 设 A,B,C 为欧氏平面上三个不共线的点，定义直线为欧氏平面上通过 A,B,C 中恰好一个点的直线。则我们得到一个 Smarandache 几何。因为与欧氏几何公理体系相比较，其中两条公设是 Smarandache 否定的。

(i) 欧氏第五公设现在为经过一条直线外的一点，存在一条或不存在直线平行于该条直线所取代。假设直线 L 经过点 C 且平行于直线 AB。注意经过任何一个不在 AB 上的点恰好有一条直线平行于 L, 而经过直线 AB 上的任何一点均不存在平行于 L 的直线，如图 2.4.8(a) 所示。

(ii) 公设经过任意两个不同点存在一条直线现在为经过任意两个不同点存在一条直线或不存在直线取代。注意经过两个点 D, E, 这里 D, E 与 A, B, C 中的一点，如点 C 共线，如图 2.4.8(b) 所示，恰好有一条直线经过 D, E。而对任意两个在直线 AB 点 F, G 或不与 A, B, C 中一个点共线的两个点 G, H 均不存在经过它们的直线，如图 3.2(b) 所示。

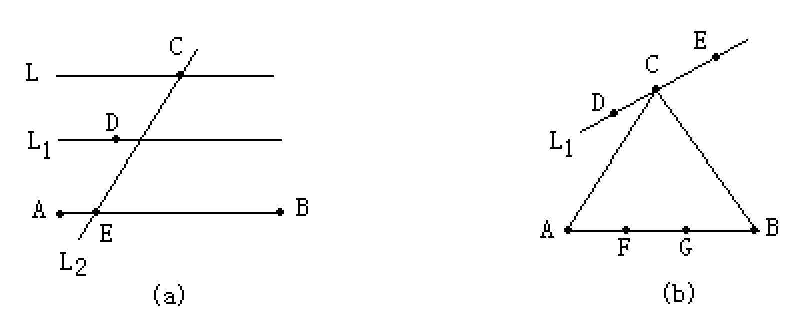


图 2.4.8 s- 直线的情况

3.2 **什么是地图**？

拓扑学中一个很著名的定理说每个曲面或者为球面，或者同胚于在球面上挖去 2p 个洞，每两个洞之间采用一个柱面（管子）相连；或者同胚于在球面上挖去 q 个洞，每个洞采用麦比乌斯带的边界与其相粘合。前者为可定向曲面，亏格定义为 p；后者为不可定向曲面，亏格定义为 q。这里可定向的意思是一个垂直于曲面的向量沿着曲面运动一圈后回到出发点是否改变向量的方向。直观上知道球面是可定向的，而麦比乌斯带则是不可定向的，如图 2.4.9 所示，其中 (a) 为剪开的纸面，(b) 为粘合后的麦比乌斯带。

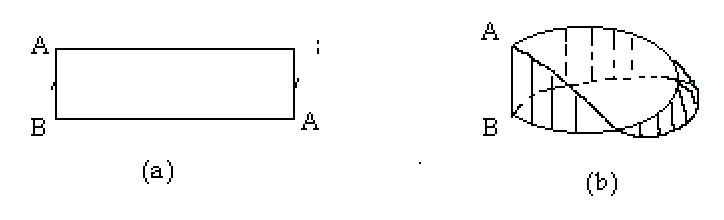


图 2.4.9 麦比乌斯带的形成

地图是曲面的一种划分，当沿着这种划分将曲面剪开后，得到的每个面块均同胚于圆盘 $D=\{(x,y)|x^2+y^2\leq 1\}$。Tutte 于 1973 年给出了地图的代数定义，采用 [12] 中的术语，地图定义于下。

定义 3.2 一个地图 $M=(\mathcal{X}_{\alpha,\beta},\mathcal{P})$，定义为在基础集合 X 的四元胞腔 $Kx, x\in X$ 的无公共元的并集 $\mathcal{X}_{\alpha,\beta}$ 上的一个基本置换 $\mathcal{P}$，且满足下面的公理 1 和公理 2，这里 $K=\{1.\alpha,\beta,\alpha\beta\}$ 为 Klein 4- 元群，所谓 $\mathcal{P}$ 为基本置换，即不存在正整数 k，使得 $\mathcal{P}^kx=\alpha x$。

公理 1：$\alpha\mathcal{P}=\mathcal{P}^{-1}\alpha$;

公理 2：群 $\Psi_J=\langle\alpha,\beta,\mathcal{P}\rangle$ 在 $\mathcal{X}_{\alpha,\beta}$ 上可迁。

依据定义 3.2，地图的顶点和面分别定义为置换 $\mathcal{P}$ 和 $\mathcal{P}\alpha\beta$ 作用于 $\mathcal{X}_{\alpha,\beta}$ 上得到的共轭轨道；边为 Klein 4- 元群 K 作用于 $\mathcal{X}_{\alpha,\beta}$ 上得到的轨道。利用*Euler-Poincaré*公式，我们得到

$$|V(M)|-|E(M)|+|F(M)|=\chi(M),$$

这里 $V(M),E(M),F(M)$ 分别表示地图 M 的顶点集、边集和面集，$\chi(M)$ 表示地图 M 的 Euler 亏格，其数值等于地图 M 所嵌入的那个曲面的 Euler 亏格。称一个地图 $M=(\mathcal{X}_{\alpha,\beta},\mathcal{P})$ 是不可定向的，若置换群 $\Psi_I=\langle\alpha\beta,\mathcal{P}\rangle$ 在 $\mathcal{X}_{\alpha,\beta}$ 上是可迁的，否则称为可定向的。

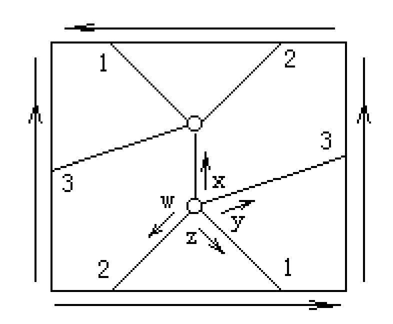


图 2.4.10 图 $D_{0.4.0}$ 在 Kelin 曲面上的嵌入

作为一个例子，图 2.4.10 中给出了图 $D_{0.4.0}$ 在 Kelin 曲面上的一个嵌入，可以采用地图 $M=(\mathcal{X}_{\alpha,\beta},\mathcal{P})$ 表示如下，这里

$$\mathcal{X}_{\alpha,\beta}=\bigcup_{e\in\{x,y,z,w\}}\{e,\alpha e,\beta e,\alpha\beta e\},$$

$$\begin{aligned}\mathcal{P} &= (x,y,z,w)(\alpha\beta x,\alpha\beta y,\beta z,\beta w)\\ &\times (\alpha x,\alpha w,\alpha z,\alpha y)(\beta x,\alpha\beta w,\alpha\beta z,\beta y).\end{aligned}$$

图 3.4 中的地图有 2 顶点 $v_1=\{(x,y,z,w),(\alpha x,\alpha w,\alpha z,\alpha y)\}$, $v_2=\{(\alpha\beta x,\alpha\beta y,\beta z,\beta w),(\beta x,\alpha\beta w,\alpha\beta z,\beta y)\}$, 4 条边 $e_1=\{x,\alpha x,\beta x,\alpha\beta x\}$, $e_2=\{y,\alpha y,\beta y,\alpha\beta y\}$, $e_3=\{z,\alpha z,\beta z,\alpha\beta z\}$, $e_4=\{w,\alpha w,\beta w,\alpha\beta w\}$ 以及 2 个面 $f_2=\{(x,\alpha\beta y,z,\beta y,\alpha x,\alpha\beta w),(\beta x,\alpha w,\alpha\beta x,y,\beta z,\alpha y)\}$, $f_2=\{(\beta w,\alpha z),(w,\alpha\beta z)\}$，其 Euler 亏格为

$$\chi(M)=2-4+2=0$$

且置换群 $\Psi_I=\langle\alpha\beta,\mathcal{P}\rangle$ 在 $\mathcal{X}_{\alpha,\beta}$ 上可迁。这样就从代数角度得到图 $D_{0.4.0}$ 在 Klein 面上的嵌入。

伴随着理论物理研究的需要，我们还可以一般性地考虑图在空间以及多重曲面上的嵌入。图在重曲面上的嵌入定义如下。

定义 3.3 设图 G 的顶点集合具有划分 $V(G)=\bigcup\limits_{j=1}^{k}V_i$, 这里对任意整数 $1\le i,j\le k$, $V_i\bigcap V_j=\emptyset$, 又 $S_1,S_2,\cdots,S_k$ 为度量空间 $\mathcal{E}$ 中的 k 个曲面，$k\ge 1$。若存在一个 1-1 连续映射 $\pi:G\to\mathcal{E}$ 使得对任意整数 $i, 1\le i\le k$, $\pi|_{\langle V_i\rangle}$ 是一个浸入且 $S_i\setminus\pi(\langle V_i\rangle)$ 中的每个连通片同胚于圆盘 $D=\{(x,y)|x^2+y^2\le 1\}$，则称 $\pi(G)$ 是 G 在曲面 $S_1,S_2,\cdots,S_k$ 上的重嵌入。

定义 3.3 中曲面 $S_1,S_2,\cdots,S_k$ 的空间位置对重嵌入有影响。当存在一种排列 $S_{i_1},S_{i_2},\cdots,S_{i_k}$，使得对任意整数 $j,1\le j\le k$, S_{i_j} 是 $S_{i_{j+1}}$ 的子空间时，称为 G 在 $S_1,S_2,\cdots,S_k$ 上的内含重嵌入。关于球面，有下面的结论。

定理 3.1 一个图 G 在球面 $P_1\supset P_2\supset\cdots\supset P_s$ 存在非平凡的内含重嵌入当切仅当图 G 存在块划分 $G=\biguplus\limits_{i=1}^{s}G_i$, 使得对任意整数 $i, 1<i<s$,

(i) G_i 是平面的；

(ii) 对任意 $\forall v\in V(G_i)$, $N_G(x)\subseteq(\bigcup\limits_{j=i-1}^{i+1}V(G_j))$.

3.3 地图几何

地图几何是在地图基础上构建的 Smarandache 几何，同时也是联系组合数学与经典数学的纽带。地图几何的概念首先在文献 [13] 中提出，随后在文献 [14] – [16] 中，特别是 [16] 进行了细致的研究，其定义如下。

定义 3.4 地图 M 每个顶点 $u, u\in V(M)$ 上赋予一个实数 $\mu(u), \mu(u)\rho_M(u)(mod 2\pi)$, 称 (M,μ) 为一个地图几何，$\mu(u)$ 为点 u 的角因子函数。视允许或不允许曲面上的曲线穿过某一个或某几个面而称该地图几何无边界或有边界。

图 2.4.11 中给出了直线穿过地图上的顶点的情形这里的弯折角度分为大于 π、等于 π 及小于 π，相应地，点 u 称为椭圆点、欧氏点和双曲点。

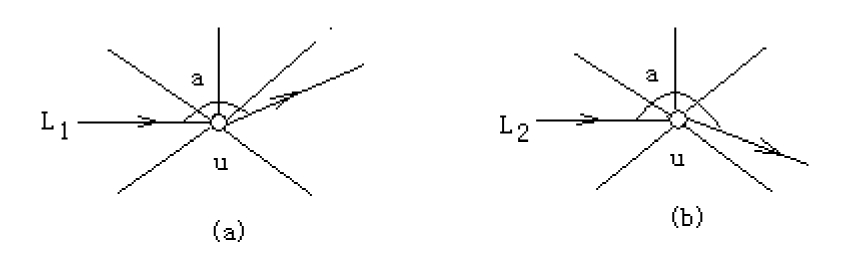


图 2.4.11 直线穿过椭圆点或双曲点

椭圆点、欧氏点和双曲点在 3 维空间中均是可以实现的，这里点的实现有别于欧氏空间的情形，即不一定是平直的，除非该点就是欧氏点。图 2.4.12 中给出了这三种点在 3 维空间的实现方法，图中点 u 为椭圆点，v 为欧氏点而 w 为双曲点。

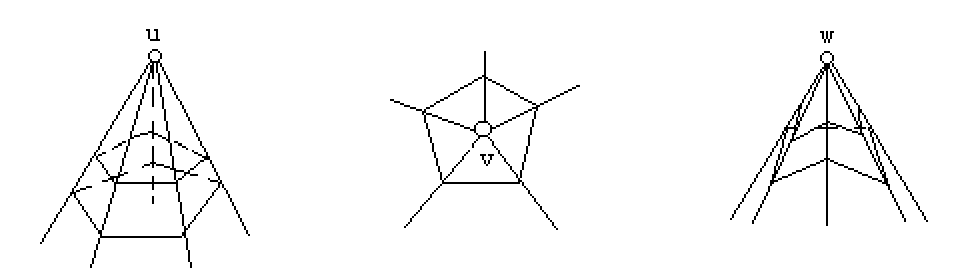


图 2.4.12 椭圆点、欧氏点和双曲点在 3- 维空间的实现

定理 3.1 有界、无界地图几何中均存在悖论几何、非几何、反射影几何和反几何。

定理的证明见文献 [16]。为便于理解，我们下面介绍平面地图几何的情形。在这种情形，不仅可以在顶点上赋予角因子函数，还可以要求连接顶点之间的边是一个连续函数，这样对进一步理解平面上代数曲线十分有意义。比如在平面地图几何中有这样的结论：

平面地图几何无穷直线不穿过地图或穿过的点为欧氏点。

作为一个例子，图 2.4.13 中画出了基于正四面体的一种平面地图几何，其中顶点边上的数值表明该顶点 2 倍的角因子函数值。

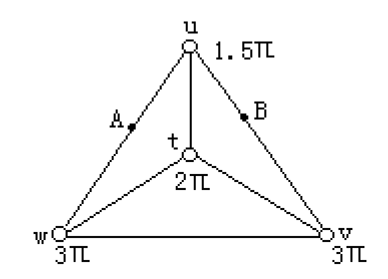


图 2.4.13 一个平面地图几何的例子

图 2.4.14 中画出了图 2.4.13 定义的平面地图几何中直线的情形，类似地，图 2.4.15 中画出了该平面地图几何中的几种多边形。

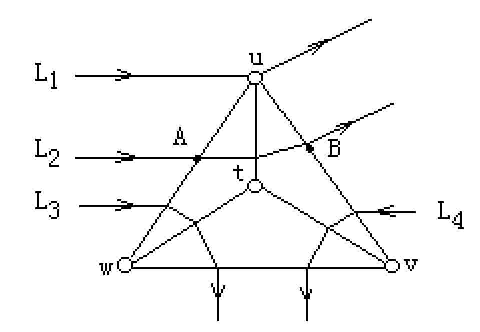


图 2.4.14 平面地图几何的直线

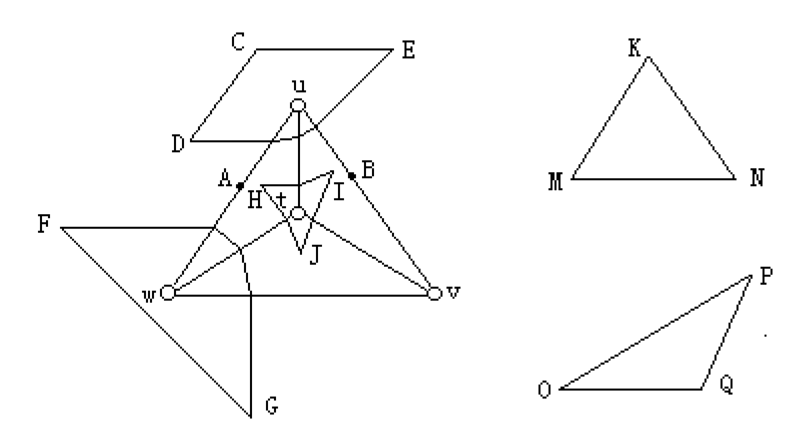


图 2.4.15 平面地图几何的多边形

§4. **伪度量空间几何**

Einstein 的广义相对论断言了空间在引力作用下是弯曲的，甚至光线也不例外，这一点在实际观测中已经得到证实。地图几何的思想实际上可以一般地定义于一个度量空间上，即在该度量空间的每个点上赋予一个向量而建立伪度量空间几何。

定义 4.1 设 U 为一个度量为 ρ 的度量空间，$W \subseteq U$。对任意 $\forall u \in U$，若

存在一个连续映射 $\omega : u \to \omega(u)$，这里，对任意整数 $n, n \geq 1$，$\omega(u) \in \mathbf{R}^n$ 使得对任意的正数 $\epsilon > 0$，均存在一个数 $\delta > 0$ 和一个点 $v \in W$，$\rho(u-v) < \delta$ 使得 $\rho(\omega(u) - \omega(v)) < \epsilon$。则若 $U = W$，称 U 为一个伪度量空间，记为 (U, ω)；若存在正数 $N > 0$ 使得 $\forall w \in W$，$\rho(w) \leq N$，则称 U 为一个有界伪度量空间，记为 (U^-, ω)。

注意 ω 是角因子函数时，从伪度量空间我们得到 Einstein 的弯曲空间。为便于理解，我们讨论伪平面几何且 ω 为角因子函数的情形，首先有下面两个简单的结论。

定理 4.1 过伪平面 $(\mathcal{P}, \omega)$ 上的两点 u 和 v 不一定存在欧氏意义上的直线。

定理 4.2 在一个伪平面 $(\sum, \omega)$ 上，若不存在欧氏点，则 $(\sum, \omega)$ 其每个点均为椭圆点或每个点均为双曲点。

对于平面代数曲线，则有如下结果。

定理 4.3 在伪平面 $(\sum, \omega)$ 上存在代数曲线 $F(x, y) = 0$ 经过区域 D 中的点 (x_0, y_0) 当且仅当 $F(x_0, y_0) = 0$ 且对任意 $\forall (x, y) \in D$，

$$(\pi - \frac{\omega(x,y)}{2})(1 + (\frac{dy}{dx})^2) = sign(x, y).$$

现在，我们再回到伪度量空间上。依据定义 4.1，对一个 m- 流形 M^m 和任意点 $\forall u \in M^m$，取 $U = W = M^m$，$n = 1$ 且 $\omega(u)$ 为一个光滑函数。则我们得到流形 M^m 上的伪流形几何 (M^m, ω)。

我们知道，流形 M^m 上的*Minkowski*范数定义为满足如下条件的一个函数 $F : M^m \to [0, +\infty)$。

(i) F 在 $M^m \setminus \{0\}$ 上处处光滑；

(ii) F 是 1- 齐次的，即对任意的 $\overline{u} \in M^m$ 和 $\lambda > 0$，有 $F(\lambda \overline{u}) = \lambda F(\overline{u})$；

(iii) 对任意的 $\forall y \in M^m \setminus \{0\}$，满足条件

$$g_y(\overline{u}, \overline{v}) = \frac{1}{2} \frac{\partial^2 F^2(y + s\overline{u} + t\overline{v})}{\partial s \partial t}|_{t=s=0}$$

.

的对称双线性型 $g_y : M^m \times M^m \to R$ 是正定的。

*Finsler*流形实际上就是赋予了 Minkowski 范数的流形，具体来讲就是流形 M^m 及其切空间上的一个函数 $F : TM^m \to [0, +\infty)$ 并满足如下条件。

(i) F 在 $TM^m \setminus \{0\} = \bigcup \{T_{\overline{x}} M^m \setminus \{0\} : \overline{x} \in M^m\}$ 上处处光滑；

(ii) 对任意 $\forall\overline{x}\in M^m$，$F|_{T_{\overline{x}}M^m}\to[0,+\infty)$ 是一个 Minkowski 范数。

作为伪度量空间几何的一个特例，对任意 $\overline{x}\in M^m$，我们选择 $\omega(\overline{x})=F(\overline{x})$。则伪度量空间几何 (M^m,ω) 是一个 Finsler 流形，特别地，如果取 $\omega(\overline{x})=g_{\overline{x}}(y,y)=F^2(x,y)$，则 (M^m,ω) 就是 Riemann 流形。这样，我们就得到下述结论。

定理 4.4 *伪度量空间几何 (M^m,ω)，一般地，Smarandache 几何中包含 Finsler 几何，从而包含 Riemann 几何。*

§5. 需要进一步研究的问题

二十一世纪的理论物理为数学研究提出了大量需要研究的问题，这里我们仅列举几个。

问题 5.1 *有多少个宇宙？为什么人类发现不了其他宇宙空间？这是否与引力弯曲空间有关？*

既然可以有无数个星球，当然就允许有多个宇宙，这就是文献 [10] 中平行宇宙的观点，也是物理学界普遍接受的观点。Einstein 断言了空间在引力作用下是弯曲的，从某种意义上讲欧氏空间在真实世界中是不存在的。从实验观测的角度，人类仅能观测或测试到自然界中某种相而不是其本身，无论是高维空间还是低维空间映射到 4 维空间，文献 [16] 中对此已有些初步刻画。经典微分几何中利用切向量丛刻画弯曲的方法依赖于一些特定的联络规则。一般性的研究弯曲空间应彻底对伪度量空间 (M^m,ω) 进行研究。基于非平直空间的研究可以发现，至少在数学上允许平行宇宙的存在，但人类目前的观测方法无法观测到。

问题 5.2 *人类生活的宇宙维数到底是多少？是否有限？*

二十世纪末理论物理的发展正在让人类改变数千年来形成的空间观念，从而影响着数学的变革。一些著名的理论物理学家更直言不讳的说“*我们甚至不知道人类空间的自由度到底是多少*”。在当今理论与实验的条件下，要搞清这个问题有一定的困难，因为人类看不到、观测不到的东西太多了。弦理论中认为空间维数是 10，M-理论中的空间维数是 11 且五种已知的弦或超弦理论均是其极限情形。而少数物理学家正在研究的 F- 理论的空间维数是 12。伴随着这种思想，可以建立一般的空间维数理论研究 Einstein 场方程，在这一点上，数学家走在了物理学家的后面。

问题 5.3 *人类能够接近或进入黑洞吗？地球上是否存在一种生物可以从 4 维*

进入 3 维或从 3 维进入 2 维空间？

黑洞实际上是 Einstein 场方程在不同度规条件下的奇点解。一方面，物理学家认为黑洞存在巨大的引力，就连光线也不能例外，任何物体不幸落入黑洞中均将被撕裂成为碎片（[6]-[7]）；同时物理学家又猜测黑洞是连接不同宇宙、不同时空的桥梁，因为人类了解的一切物理规律在黑洞内均失效。与黑洞相对的，理论物理中还有一种白洞，其特征是任何物体均无法进入白洞内。如果抛开黑洞、白洞个体，我们就会发现两者均是自守恒的，吸引的同时就是排斥，所以黑洞与白洞应该是一回事。这样人类，特别是宇航员无需担心不小心掉进了黑洞。

多态物质在地球上是普遍存在的，如水、油、氮等。但刻画多态物质的理论，不论是物理或是数学均未引起人们的足够认识。多年以来，力学模型一直坚持物体运动中态不变这一个基本原则。从理论上认识时空穿梭，必须搞清楚运动中态变化带来的问题，即不稳定体的运动问题。由此带来的数学问题是 ([16])：

(1)依据结构力学，确定哪些图是稳定的，哪些是不稳定的并进行分类。

(2)将图嵌入到多维空间内，研究其相空间变化规律。

(3)建立图的相空间运动力学。

对物理学来说，需要在地球上寻找能够改变其态的生物，进而发现其时空穿梭规律。

问题 5.4 人类在地球上可以找到暗物质吗？

暗物质与暗能量一直是物理学界的一个热门话题。伴随着人类对空间维数认识的改变，这个问题也变得日益复杂。如果空间维数 ≥ 11，那么暗物质就不一定处在人类看得到的方向维上，也不可能在地球上找到它。所有这些都依赖于人类认识水平与实验技术的提高。

参考文献

[1] A.D.Aleksandrov and V.A.Zalgaller, *Intrinsic Geometry of Surfaces*, American Mathematical Society, Providence, Rhode Island, 1976.

[2] I.Antoniadis, Physics with large extra dimensions: String theory under experimental test, *Current Science*, Vol.81, No.12, 25(2001),1609-1613

[3] 陈省身和陈维恒, 微分几何讲义, 北京大学出版社, 2001.

[4] M.J.Duff, A layman's guide to M-theory, *arXiv*: hep-th/9805177, v3, 2 July(1998).

[5] 费宝俊, 相对论与非欧几何, 科学出版社, 北京, 2005.

[6] S.Hawking, 时间简史, 湖南科技出版社,2005.

[7] S.Hawking, 果壳里的宇宙, 湖南科技出版社,2005.

[8] H.Iseri, *Smarandache Manifolds*, American Research Press, Rehoboth, NM,2002.

[9] H.Iseri, *Partially Paradoxist Smarandache Geometries*, http://www.gallup.unm.edu/s̃marandache/Howard-Iseri-paper.htm.

[10] M.Kaku, *Hyperspace: A Scientific Odyssey through Parallel Universe, Time Warps and 10th Dimension*, Oxford Univ. Press.

[11] L.Kuciuk and M.Antholy, An Introduction to Smarandache Geometries, *Mathematics Magazine, Aurora, Canada*, Vol.12(2003)

[12] 刘彦佩, *Enumerative Theory of Maps*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht/ Boston/ London, 1999.

[13] 毛林繁, *On Automorphisms groups of Maps, Surfaces and Smarandache geometries*, *Sientia Magna*, Vol.1(2005), No.2, 55-73.

[14] 毛林繁, A new view of combinatorial maps by Smarandache's notion, *arXiv*: math.GM/0506232.

[15] 毛林繁, *Automorphism Groups of Maps, Surfaces and Smarandache Geometries*, American Research Press, 2005.

[16] 毛林繁, *Smarandache multi-space theory*, Hexis, Phoenix, AZ, 2006.

[17] F.Smarandache, Mixed noneuclidean geometries, *eprint arXiv: math/0010119*, 10/2000.

[18] F.Smarandache, *A Unifying Field in Logics. Neutrosopy: Neturosophic Probability, Set, and Logic*, American research Press, Rehoboth, 1999.

[19] F.Smarandache, Neutrosophy, a new Branch of Philosophy, *Multi-Valued Logic*, Vol.8, No.3(2002)(special issue on Neutrosophy and Neutrosophic Logic), 297-384.

[20] F.Smarandache, A Unifying Field in Logic: Neutrosophic Field, *Multi-Valued Logic*, Vol.8, No.3(2002)(special issue on Neutrosophy and Neutrosophic Logic), 385-438.

在印度“全国数学及数学科学发展趋势学术交流大会”开幕式上的讲话

女士们、先生们，大家早上好!

作为主宾，请允许我向会议组织者，加尔各答数学会表示感谢! 同时，对各位代表因对数学或数学科学的共同兴趣而出席本次会议表示感谢!

我们知道，科学的功用在于认识自然，进而使人类社会的发展符合自然规律，对应的，数学的作用在于为掌握自然真实提供定量分析的工具或解决方法，故此，科学应当服务于人类的社会实践。

实践发展离不开理论指导，同样，理论的推进也离不开实践检验。今天，科学发展的一个显著特征是不同学科间交叉发展、共同进步，进而导致数学及其他科学发展的一些新趋势，例如，相互作用系统在经济学和生态学，以及组合学在经典数及数学科学发展中的应用等。

我希望每一位与会者应用这次机会充分交流，展示成果，同时向其他与会者学习知识与方法。我相信每一位与会者不会因此而是徒劳的。

最后，预祝本次会议圆满成功。谢谢大家!

附录：在印度“全国数学及数学科学发展趋势学术交流大会”开幕式上的讲话原文

Talk in Inaugural Session of NCETMMS-2015

Ladies and gentlemen, good morning!

It is my pleasant duty to extend my sincere thank to the organizer - *Calcutta Mathematical Society* on behalf of a chief guest, thanks also go to all attendants to be here for a common interest: mathematics and mathematical sciences.

As we known, the function of science is realizing the natural world and developing our society in coordination with natural laws, and the function of mathematics is provide quantitative analysis tools or ways for holding on the reality of things by observation. Thus, sciences should be served to the social practice of human beings.

The practice can not do well without theory, and also, the theory can not develop without practice test. Today, a main character for developing of science is its cross promotion and common development on different branches of science, also called to be interdisciplinary, which results in many new developing trends in mathematics and other sciences, for examples, the applications of interaction systems to economy or ecology, and combinatorics to classical mathematics and mathematical sciences.

I wish each attendant will use this opportunity to fully exchange well, display your results and learn more from others. I believe you will not come in vain on this conference.

Finally, I wish the conference a complete success! Thanks to everyone!

在印度"全国数学及数学科学发展趋势学术交流大会"闭幕式上的讲话

女士们、先生们，大家下午好!

首先，请允许我祝贺加尔各答数学会成功组织本次会议，祝贺论文比赛中的优胜者! 同时，论文优胜者也要正确看待成绩。需要记住的是，成绩代表的是过去而不是未来。它不过是你人生路上的一个闪光点，并不意味科研工作的终点而是新的起点。你应当从此加倍努力的学习数学或数学科学并为之奋斗，只有这样，你才会是你人生最终的胜利者。

在此，我也希望对年轻学者说几句。我认为，每位数学家都应当是哲学家而不仅是计算，因为思想是行动的指南而数学本身就属于哲学范畴。当然，数学家需终身求解数学问题，这当中，为什么你选择这个问题而不是那个问题进行研究并不单纯取决于你的能力，同时取决于你的哲学观和价值观，是因为你认为这个问题重要，有价值。

这些年，总有一些青年学者向我索求研究问题。实际上，现如今，数学及数学科学中存在许许多多没解决的问题。重要的，不是决定研究什么，那是简单的，而决定不研究什么则与此不同，更加重要。从哲学上看，有五个原则可以帮助你决定研究什么，以及不研究什么：

(1) 问题本身对解决数学分支中某一个问题有价值;

(2) 问题的解决对推动某一数学分支有价值；

(3) 问题的解决对推动整个数学发展有价值;

(4) 问题的解决对推动某一时期科学发展有价值;

(5) 问题的解决对认识自然和人类发展有价值。

在我看来，对数学家而言最重要的，绝不仅仅是去解决某一个抽象数学问题，在那里孤芳自赏，而应贡献于整个科学和人类。为此，在自己进行研究的同时，跳出自己研究领域而多看一看其他科学家的研究及成果，进而推动不同科学分支间共同发展。我认为本次"全国数学及数学科学发展趋势学术交流大会"与科学发展这种趋势同步，对所以数学工作者而言是重要且有价值的。

谢谢大家!

附录：在印度"全国数学及数学科学发展趋势学术交流大会"闭幕式上的讲话原文

Talk in Valedictory Session of NCETMMS-2015

Ladies and gentlemen, good afternoon!

Please allow me congratulating to *Calcutta Mathematical Society* for organized this successful conference, and congratulating to all winners in the contest.

On the first, please allow me to say some words to the winners. It should be remembered that achievements only represent the past, not the future. It is only a shine point on your life road, not implies the terminal but a new starting point. You should be worked ever hard on mathematics or mathematical sciences after then, and then you will be the winner in your whole life.

I would like also to say some words to young scholars in here. I believe a mathematician should be a philosopher, not just only calculating because the notion is the guide to action, and the mathematics himself is a philosophy. Certainly, a mathematician is solving mathematical problems in all his times. Why you research this problem, not that problem is not only dependent on your ability but also on your philosophy and values on the world. Your think it is important and you think it is valuable to do in your life.

In recent years, many young scholars asked me providing open problems for them. In fact, there are many and many unsolved problems in mathematics and mathematical sciences today. However, to decide what to do is simple, to decide not

to do what is a little different but more important. By a philosophical view, there are 5 guide lines for deciding whether a problem is valuable for you:

(1) valuable for solving a problem in a mathematical branch;

(2) valuable for developing a mathematical branch;

(3) valuable for developing the whole mathematics;

(4) valuable for developing science at a times;

(5) valuable for understanding the nature, beneficial to human progress.

In my opinion, the most important for a mathematician is not just solving an abstract problem with only self-interest but should contribute to all sciences and human beings. Along with your own research, you should look at more researches of other scientists in your or not in your subjects or fields, and then push forward the promotion and development for different sciences together. So, I think this *National Conference on Emerging Trends in Mathematics and Mathematical Sciences* coincide with the development pace of sciences. It is a valuable and important conference for all mathematicians.

Thanks for you attention! Thanks to everyone!

在印度“第四届国际离散数学学术交流大会”开幕式上的讲话

女士们、先生门，大家早上好!

作为大会贵宾，我很高兴在这里，为离散数学这个共同的兴趣欢迎大家的到来!

今天，我们面临着两种对世界的认识，即连续或离散世界。中国有一本著名的古哲学书，书名叫《道德经》，是由一位著名哲学家老子所写。这本书的第 42 章讲到事物由来的离散思想，即道生一，一生二，二生三，三生万物.。同样，现代物质构成理论，即自然界万物由基本粒子构成，实际上也是一种世界离散思想，并最终导致这次会议大家讨论的主题，即离散数学。

现如今，科学发展有一个主要特征，就是不同学科间的交叉发展，共同促进，也称之为交叉科学，并由此产生科学发展的一些新趋势，特别地，离散思想在数学以及数学科学中的应用等。

我希望每一位与会者利用这次机会充分交流，展现个人研究成果，同时向其他与会者学习、了解更多成果与方法，并深信参加本次会议绝不会无功而返。

最后，预祝本次会议圆满成功！谢谢大家!

附录：在印度“第四届国际离散数学学术交流大会”开幕式上的讲话原文

Talk in Inaugural Session of ICDM-2016

Ladies and Gentlemen, Good Morning!

On behalf of a honour guest, it is my pleasant to welcome all attendants to be here for a common interest: discrete mathematics.

Today, we are faced with 2 views on our world, i.e., *continuous* or *discrete*, and there is a well-known ancient book, i.e., *TAO TEH KING* in China, written by a philosopher Lao Zi. In the 42 chapter he delivered a generation for things in the world with a discrete notion, thus, *Tao gives birth to one, and one gives birth to two, and two gives birth to three, and three gives birth to everything.* Certainly, the

modern theory on material constitution, i.e., *everything is built up of elementary particles* is in fact a discrete notion on things in the world, which finally results in the main topics of this conference: *discrete mathematics*.

Today, there is also a main character in science developing, i.e., cross promotion and development each other on different branches of science, also called, the inter-disciplinary, which results in many new developing trends in science, particularly, the applications of discrete notion to mathematics and mathematical sciences.

I wish each attendant will use this opportunity to fully exchange well, display his results and learn more from the others. I believe also that each attendant will not return in vain attending this conference.

Finally, I wish the conference a complete success!

Thanks to everyone!

在印度 “数学在拓扑动力学、物理、生态和化学系统中的应用国际学术交流大会” 开幕式上的讲话

女士们、先生们, 大家早上好!

作为大会荣誉贵宾, 请允许我欢迎所有参会代表, 欢迎大家为一个共同的兴趣, 就是数学在其他科学, 特别是拓扑动力学、物理、生态和化学系统中的应用而出席本次大会。

今天, 我们都知道, 人类发展须与自然相协调, 其前提是正确理解自然, 掌握自然规律。作为实现这一发展宗旨的基础, 数学为科学提供了定量分析的工具与方法。

我们都知道, 理论离不开实践, 且理论仅能由实践产生。按照这种思想, 我认为应用数学是数学创造的源泉, 因为它是以问题为导向的一门学科, 特别是其在物理、生态和化学, 以及其在工业和社会科学中的应用。实际上, 有些时候我们甚至很难区分一项研究到底是属于应用数学还是纯数学。

今天, 我们还应注意到科学发展的一种主要特征, 就是不同学科间交叉融合, 共同发展, 或称之为交叉科学, 这一特征导致了科学发展中的一些新趋势, 特别是数学。例如, 组合思想在数学与数学科学中的广泛应用就是这样。

我希望所有代表利用加尔各答数学会提供的这次大会机会充分交流, 因为多交流会产生更多思想, 产生更多好的研究成果。我也希望参会代表利用这次机会展示个人研究成果, 同时, 向其他代表学到更多思想与理念。

最后, 我预祝本次大会圆满成功! 谢谢大家!

附录: 在印度 “数学在拓扑动力学、物理、生态和化学系统中的应用国际学术交流大会” 开幕式上的讲话原文

Talk in Inaugural of ICAMTPBCS-2016

Ladies and gentlemen, good morning!

On behalf of a honorary guest, it is my pleasant to welcome all attendants

to be here for a common interest: application of mathematics in other sciences, particularly, in topological dynamics, physical, biological and chemical systems .

Today, we all known that the development of human beings must be in coordinated with that of nature. Its condition is the correct understanding of the nature, holds on laws of the nature. As the basis of this objective, mathematics provides quantitative tools and methods for Sciences.

We all known a theory can not be without the practice, and it can be only from the practice. By this view, I think applied mathematics is the source of mathematics because it is problem oriented, particularly, in physics, biology and chemistry with their applications to industry and social science. And sometimes, we can not even distinguish a research work is on applied mathematics or pure mathematics.

Today, we should notice also a main character in science developing, i.e., cross promotion and development each other on different branches of science, also called interdisciplinary, which results in new developing trends in sciences, particularly, the mathematics. For example, the applications of combinatorial notion to mathematics and mathematical sciences.

I wish all attendants will use this opportunity by CMS to exchange well because more exchanges will bring about more ideas and good results. I also wish you display results and learn more from the others.

Finally, I wish the conference a complete success!

Thanks to everyone!

在印度“数学在拓扑动力学、物理、生态和化学系统中的应用国际学术交流大会”闭幕式上的讲话

女士们、先生们，大家下午好!

过去三天里，我在这里听到许多很好的科研工作，以及好的科研思想，故此，允许我首先在这里对加尔各答数学会成功组织“数学在拓扑动力学、物理、生态和化学系统中的应用国际学术交流大会”表示祝贺。

我一直认为，一个应用数学家本身应当是一个哲学家，穷其一生思考我们这个

世界本源而不单单是从事数学计算，因为数学本身是一门关于我们这个世界的哲学类学科。

这是我第四次来到印度出席数学学术会议。每次都会有一些青年学者向我询问，希望我能够给他们出一些研究题目以供研究。这实际上是一项很简单事情但我从未做过，因为今天的数学以及数学科学中有大量的未解决问题供他们选择而无需我再提供，例如，在我昨天捐赠给加尔各答数学会馆藏的我本人三本书的每一章最后一节中都有大量的未解决问题。在科学发展的今天，决定研究什么是一项很简单的工作，但决定不研究什么则与此不同，然而对科学研究更重要。

我个人认为，对应用数学家来说，重要的绝不单单是去解决那些仅是个人或少数几个人感兴趣的数学问题，而应当采用数学方法对其他科学做出贡献，不单是数学计算而是数学创造，进而才能有益于人类社会。在从事一项数学研究的同时，研究人员应当多看看，多了解其他研究人员的研究工作，无论它们属于或是不属于个人的研究领域，进而推动不同学科共同发展。正是考虑到这些缘由，我认为本次学术交流会是一次成功的大会，对每一位参会代表都是值得的。

谢谢大家！谢谢！

附录： 在印度"数学在拓扑动力学、物理、生态和化学系统中的应用国际学术交流大会"闭幕式上的讲话原文

Talk in Valedictory of ICAMTPBCS-2016

Ladies and gentlemen, good afternoon!

I have heard many good works and good ideas in the past 3 days here. So, please allow me congratulating to CMS for organized this successful conference, the *International Conference on Applications of Mathematics in Topological Dynamics, Physical, Biological and Chemical Systems*.

I always believe an applied mathematician should be a philosopher, thinking about our world all the times, not only just calculating because mathematics itself is a philosophical subject for our world.

This is my 4th time come to India for mathematical conference. Each time, many young scholars asked me to provide a few open problems for them. In fact, it is easy but I never do so because there are many and many opened problems in mathematics and mathematical sciences for them today, for example, on the

last section of each chapter of the 3 books of mine donated to the library of CMS yesterday. However, to decide what to do is simple, and to decide not to do what is a little different but more important.

In my opinion, the most important for an applied mathematician is not just solving a mathematical problem with only self-interest, but should contribute to other sciences by mathematics, not only just calculating but also the creative to mathematics, and then the beneficial to human beings. Along with a research, one should look over more researches of other scientists in your or not in your fields, and then push forward the promotion and development for different sciences altogether. Considering all of these things, I think this conference is success and it is valuable for all attendants.

Thanks for you attention! Thanks to everyone!

第 2 篇 万物自然–《科学元素》丛书序言, 180-182

《科学元素》丛书序言

科学的功能在于认识自然并促使人类社会与自然协调发展。几千年以来，人类从来没有停止过探索自然地脚步。今天，科学技术的进步使得人类可以把握自然界中一些事件，但自然界中仍存在许多人类无法知晓或回答，甚至宇宙中一些看起来很明确的问题，例如，

宇宙的真相是什么？特别地，宇宙空间的维数是多少？

一个事件自然的真相是什么？以电磁场为例，它的空间维数是多少？

站在不同立场的人对这些问题的回答往往不同。自然知识的缺乏，我们有时甚至无法判断哪一个回答是正确的。然而今天，我们已经知晓了两种鼓舞人心的泛数学思想。一个是由认识逻辑导出的 Smarandache 重空间理论，另一个则是由数学组合猜想，即任何一门数学科学都可以组合化或是组合重建、推广引出的数学组合。

为什么这两种思想是重要的呢？我们都熟知一个著名的寓言，即盲人摸象。在这个寓言中，有六个盲人被要求触摸大象身体的不同部位，确定大象的形状。触摸到大象腿、尾巴、鼻子、耳朵、对和牙齿的人分别主张大象形状象一个柱子、一段绳子、一段树枝、一个手掌、一堵墙，或是一段管道。他们谁也不服谁，都想说服其他人接受自己的观点。最后，他们陷入无休止的争论中。你们都正确！ 一位智者向他们解释到："为什么你们彼此说的不一样，原因就在于你们每个人触摸的是大象身体的不同部位。实际上，大象拥有你们每个人所说的所有特征。" 这实际上等于是说，大象的形状是六个盲人感知的大象形状的并集合，即具有空间组合结构的 Smarandache 重空间。人类对自然界事物行为的认识类似于盲人摸象。毛林繁博士曾在一次公开演讲中指出，Smarandache 重空间是认识自然界事物行为的正确理论。

为了使读者快速了解数学组合、Smarandache 思想及其在数学、物理以及其他科学上的应用，本书收集了 12 篇文章，分别以向读者展示其应用领域，包括 Smarandache 重空间，Smarandache 几何，中智科学等在数学、物理学、逻辑学、宇宙学等方面的应用。虽然这些应用很初等，但我们已经可以感觉到它们的巨大潜力。每位作者均对其论文承担相应科学责任，编入本书并不意味着编辑完全同意他的观点。《科学元素》是公开出版的系列丛书，每册可能采用不同的书名，但宗旨是一致的，即推动数学组合及 Smarandace 思想的研究与普及。故此，丛书接受探讨数学

组合及 Smarandace 思想及其科学应用的文章，欢迎对此感兴趣的作者采用电子邮件方式投稿给丛书中任何一个编辑。

附录:《科学元素》序言原文

A Foreword of《Scientific Elements》

Science's function is realizing the natural world and developing our society in coordination with its laws. For thousands years, mankind has never stopped his steps for exploring its behaviors of all kinds. Today, the advanced science and technology have enabled mankind to handle a few events in the society of mankind by the knowledge on natural world. But many questions in different fields on the natural world have no an answer, even some looks clear questions for the Universe, for example,

what is true colors of the Universe, for instance its dimension?

what is the real face of an event appeared in the natural world, for instance the electromagnetism? how many dimensions has it?

Different people standing on different views will differently answers these questions. For being short of knowledge, we can not even distinguish which is the right answer. Today, we have known two heartening mathematical theories for sciences. One of them is the Smarandache multi-space theory came into being by purely logic. Another is the mathematical combinatorics motivated by a combinatorial speculation, i.e., every mathematical science can be reconstructed from or made by combinatorialization.

Why are they important? We all know a famous proverb, i.e., the *six blind men and an elephant*. These blind men were asked to determine what an elephant looked like by feeling different parts of the elephant's body. The man touched the elephant's leg, tail, trunk, ear, belly or tusk claims it's like a pillar, a rope, a tree branch, a hand fan, a wall or a solid pipe, respectively. They entered into an endless argument. Each of them insisted his view right. *All of you are right!* A wise man explains to them: *why are you telling it differently is because each one of you touched the different part of the elephant. So, actually the elephant has all those features what*

you all said. That is to say an elephant is nothing but a union of those claims of six blind men, i.e., a *Smarandache multi-space with some combinatorial structures.* The situation for one realizing the behaviors of natural world is analogous to the blind men determining what an elephant looks like. Dr.L.F.Mao said Smarandache multi-spaces being a right theory for the natural world once in an open lecture.

For a quick glance at the applications of Smarandache's notion to mathematics, physics and other sciences, this book selects 12 papers for showing applied fields of Smarandache's notion, such as those of Smarandache multi-spaces, Smarandache geometries, Neutrosophy, $\cdots$ to mathematics, physics, logic, cosmology. Although each application is a quite elementary application, we already experience its great potential. Author(s) is assumed for responsibility on his (their) papers selected in this books and not meaning that the editors completely agree the view point in each paper. The Scientific Elements is a serial collections in publication, maybe with different title. All papers on applications of Smarandache's notion to scientific fields are welcome and can directly sent to the editors by an email.

我与重空间的故事 [1]

摘要： 什么是重空间？什么又是数学组合？这两者都是科学认识的方法，同时又是推动科学发展的重要思想。这里，数学组合是内蕴空间拓扑结构的 Smarandache 重空间，所以更有利于采用数学方法确定事物行为。本文回顾了我所认识的重空间，特别是赋有空间拓扑结构的重空间 – 数学组合，阐释了其对对人类认识自然的重要意义，以及筹备"首届 Smarandache 重空间与重结构国际学术交流会"过程中的一些趣事。

Abstract: *What is a multispace*? *And what is the mathematical combinatorics*? Both of them are the philosophic notions for scientific research. In where, the mathematical combinatorics is such maltispaces underlying combinatorial structures in topological spaces. So these notions are useful approaches for determining the behavior of things in the world by mathematics. I review the multispaces that I known, particularly, the mathematical combinatorics in this paper, and explain why it is important for one understanding things in the world. Some interesting things in preparing the *First international Conference on Smarandache multispace and Multistructure* are also included.

我是学习组合学与图论，特别是图在曲面上的嵌入和组合地图理论的。虽然在博士、博士后阶段也曾按照经典组合学思想，研究过一些组合问题，如图的 hamiltonian 性质、图的离心率、Cayley 图的泛因子，以及标根与不标根地图计数问题等，但从 2003 年到 2004 年这两年时间，我的科研工作陷入了瓶颈而停滞不前，因为看不清组合学的终极目标是什么。这两年我也一直在思考这样两个哲学问题；

组合学对认识自然并适应其发展的作用是什么？它对数学发展又有哪些贡献？

这两个问题对完成我的博士后报告显得日益重要，因为如不能从思想上解决问题，

[1] *Proceedings of the First International Conference on Smarandache Multispace & Multistructure*, The Education Publisher Inc.,2013, 132-135.

最终我的博士后研究不会有大进展，它们涉及人类认识自然的过程。好在我博士阶段还有很多科研工作没发表，将其推广至 Riemann 曲面、Klein 曲面，并计算一些新的组合结果不是一件难事。

按照这一思路，2004 年 11 月至 2005 年 2 月，我完成了中国科学院的博士后报告《Automorphism Groups of Maps and Klein Surfacs》(地图与 Klein 曲面的自同构群)，其出发点是将图在曲面上的一些嵌入结果，以及计数推广至 Riemann 曲面、Klein 曲面，并由此采用组合方法解决其上的一些几何问题。报告给人的直观感觉是关于代数曲面的，属于纯数学领域。我自己很欣赏这篇报告，也很想在数学上留下一点痕迹，特别是其中提出的组合学对数学科学发展作用构想——数学组合化猜想 (CC-Conjecture) 即：

任何一门数学学科可以进行组合重建或组合推广。

于是，这份博士后报告经过我几个月的改写和扩充，于 2005 年 3 月将其发在美国一家出版社出版。审稿过程中，编辑提出，报告中的 Riemann 几何，实际上可以在更广的范围，即 Smarandache 几何中研究，从而把一个组合问题转化为一个具有实际几何意义的问题，并建议我在报告中添加 Smarandache 几何有关内容，并与报告风格一致。这就是 2005 年我在美国 American Research Press 出版的《Automorphism Groups of Maps, Surfaces and Smarandache Geometries》(地图、曲面与 Smarandache 几何自同构群) 那本著作。

Smarandache 几何思想实际上就是一种重空间思想，特别是其中一个几何公理可以同时成立或不成立，或是以多种方式不成立思想，是我在多年接受的数学教育中没有出现的，因为经典数学中从来不讨论一个有矛盾的系统，一直认为它违背矛盾律，即数学仅研究无矛盾系统，但实际上，矛盾在自然界中无处不在，这也是数学方法不能成为解决所有人类认识自然和适应自然问题的原因，因为人类认识未知世界等同于“盲人摸象”蕴含的哲学道理，即对未知事物的全面认识和把握，唯一方法是综合所有局部认识结果，即认识集合的并集，这就是 Smarandache 重空间。

那么，这种含有矛盾的系统应怎样刻画，它又有哪行为值得关注？抽象研究 Smarandache 重空间不过是一个集合问题，不会得到太多有价值的定量结果。实际上，如果一个重空间对应着一个具体事物，那么集合元之间一定存在某种联系，即其内蕴一种空间拓扑结构。为此，我在 Smarandache 重空间基础上提出了数学组合，即给定空间拓扑结构的 Smarandache 重空间思想，并于 2006 年在美国出版《Smarandache Multi-Space Theory》(Smarandache 重空间理论) 一书，对经典数学系统进行了组合推广。这是国际上第一本系统总结 Smarandache 重空间理论的

著作。2006 年，在“全国第二届组合学与图论学术交流会”上，我利用大会组织者提供的 15 分钟报告时间，把我的数学组合化猜想进行了系统阐述，并随后将这次报告“Combinatorial speculation and combinatorial conjecture for mathematics”（组合思想及数学组合化猜想）发给一些国际网站刊发，受到学术界普遍关注。这篇报告后来成为了互联网上维基数字百科全书用匈牙利语解释“组合学”一词的引用文献。而我的《Smarandache Multi-Space Theory》一书经过进一步扩充，则于 2011 年在美国一家教育出版社出版，成为了数学研究生教材。

值得注意的是，Smarandache 重空间思想反映的是哲学整体观，而我的数学组合化猜想反映的是哲学联系观，即事物之间存在普遍联系。这两者的有机结合才是人类认识自然界和事物发展应有的思想，也是数学科学的发展方向，因为它体现的是哲学整体观和联系观，这当中，空间拓扑结构，无疑将成为描写事物行为的基本工具，这也是我近 10 年一直在从事数学组合研究的一个主要原因。

人的多面性使得他人常不能准确把握一个人，这也造成他人错误理解一个人，比如公众人物，其台前与台后表现的巨大反差常常让人惊讶，殊不知，这正是人在认识上的片面性使然。讲到 Smarandache 重空间，我本人就是一个恰当例子。我第一个专业是工业与民用建筑，于是在中国一家大型建筑施工企业从事了 10 多年技术管理工作，但个人一直致力于数学研究，因为个人志向是数学，在博士与博士后都是从事的数学。很奇怪的现象是在谷歌上搜我的名字“*Linfan Mao*”，看到的基本上都是一些我与数学有关的事项，包括我在国外用英文出版的一些专著、发表的论文等，但在百度上搜“毛林繁”，看到的几乎都是招标事项，因为我同时担任中国招标投标协会副秘书长一职，这可能也是中国特色吧！于是我一个人就出现了两种面孔给公众：在国外人眼里，我是一位数学工作者；在国人眼里，我是一位招标采购理论工作者，所以我本身就是一个“重空间”。为此，2011 年，一些美国朋友建议我于 2013 年 28-30 日组织“首届 Smarandache 重空间及重结构国际学术研讨会议”，并在美国数学会网站上登出会议通知如下：

First International Conference

On Smarandache Multispace and Multistructure

Month: June 2013

Date: June 28–30

Name: First International Conference on Smarandache Multispace and Multistructure

Location: Academy of Mathematics and Systems, Chinese Academy of Sci-

ences, Beijing 100190, People's Republic of China.

Description: The notion of multispace was introduced by F. Smarandache in 1969 under his idea of hybrid mathematics: combining different fields into a unifying field, which is closer to our real life, since we don.t have a homogeneous space, but many heterogeneous ones. Today, this idea is widely accepted by the world of sciences. S-Multispace is a qualitative notion and includes both metric and non-metric spaces. It is believed that the smarandache multispace with its multistructure is the best candidate for 21st century Theory of Everything in any domain. It unifies many knowledge fields. In a general definition, a smarandache multi-space is a finite or infinite (countable or uncountable) union of many spaces that have various structures. The spaces may overlap. A such multispace can be used, for example, in physics for the Unified Field Theory that tries to unite the gravitational, electromagnetic, weak and strong interactions. Other applications: multi-groups, multi-rings, geometric multispace.

Information: *http://fs.gallup.unm.edu/multispace.htm*

同时在美国新墨西哥大学网站登出进一步会议信息：

Date and Location: 28-30 June 2013, Chinese Academy of Sciences, Beijing, P. R. China

Organizer: Dr.Linfan Mao, Academy of Mathematics and Systems, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, P. R. China, [email: *maolinfan@163.com*]

American Mathematical Society's Calendar website:

http://www.ams.org/meeting/calendar/2013_jun28-30_beijing100190.html

The notion of multispace was introduced by F. Smarandache in 1969 under his idea of hybrid mathematics: combining different fields into a unifying field, which is closer to our real life, since we don't have a homogeneous space, but many heterogeneous ones. Today, this idea is widely accepted by the world of sciences.

S-Multispace is a qualitative notion, since it is too large and includes both metric and non-metric spaces.

It is believed that the smarandache multispace with its multistructure is the best candidate for 21st century Theory of Everything in any domain. It unifies many knowledge fields.

In a general definition, a smarandache multi-space is a finite or infinite (countable or uncountable) union of many spaces that have various structures. The spaces may overlap.

A such multispace can be used for example in physics for the Unified Field Theory that tries to unite the gravitational, electromagnetic, weak and strong interactions. Or in the parallel quantum computing and in the mu-bit theory, in multi-entangled states or particles and up to multi-entangles objects.

As applications we also mention: the algebraic multispaces (multi-groups, multi-rings, multi-vector spaces, multi-operation systems and multi-manifolds, also multi-voltage graphs, multi-embedding of a graph in an n-manifold, etc.), geometric multispaces (combinations of Euclidean and Non-Euclidean geometries into one space as in Smarandache geometries), theoretical physics, including the relativity theory, M-theory and cosmology, then multi-space models for p-branes and cosmology, etc.

Papers will be published in the Proceedings of the Conference.

既然是国际会议，本应该邀请一些国外学者到会。此前，也确有美国、墨西哥、印度、尼日利亚、伊朗等国 10 多位学者与我联系，想参加这次会议，但苦于我组织这次会议没有经费，于是将会议邀请函发给这些学者后，只能实情相告费用自理。好在这些学者比较理解，把会议论文电子版发给我，算是他们参加了这次会议而不用亲自到会，其中，印度研究代数重结构的 Vasantha Kandasamy 教授除给我发了一封不能到会的致歉信外，还让美国的 Smarandache 教授转发给我一封她的信，进一步表达不能到会报告的歉意；墨西哥有两位教授是夫妻俩，来信表明到会是为学习 Smarandache 重空间与重结构理论，因为他们刚体会到这一领域对科学发展的巨大推动作用。

“首届 Smarandache 重空间及重结构国际学术研讨会议”于 2013 年 6 月 28 日在北京建筑大学召开，应该说，没有这些国际学者的关心和帮助，想在中国举办一次这样的会议，并得到数学工作者响应是不可能的一件事。而这次会议的组织，包括会场布置与安排、印刷海报、接待与会代表等事项，更是得到了北京建筑大学经济与管理工程学院院长姜军教授、张俊副教授，以及在校研究生李帅锋、要翠玲和雷雨等同学大力支持。没有这几位同志的辛勤工作，这次会议也难于在北京建筑大学如期举办。在此，特向这些朋友表示感谢。

实际上，Smarandache 重空间思想与中国哲学“天人合一”思想一致，又与老子的思想相通，这也是我这些年极力推崇的科学研究思想，即：科学研究需要哲学，特别是中国哲学，因为中国哲学不是那种“头疼医头，脚疼医脚”，而是一种系统认

识自然的思想。之所以有这样的认识，是因为 2004 年我在中国科学院从事数学研究时遇到的研究方向迷惑，是通过研读《道德经》，并体会其中的科学认识过程得到启发而解决的。

我在美国出版的另一本著作《Combinatorial Geometry with Applications to Field Theory》(组合几何及其在场论中的应用，2009 年) 中有一节，专门讨论《道德经》中几段关于科学认识的思想，并将拓扑图作为事物内蕴结构，对拓扑学、微分几何中的空间模型和引力场、规范场进行组合并分析其行为，而这正是我的数学组合思想在科学研究中的应用实例。所以，从事科学研究，不懂中国哲学是不行的，因为只有中国人的思想是系统思想，研究事物考虑其方方面面。有道是：哲学给人以智慧，数学给人以精准，二者有机结合，就在重空间基础上产生了研究事物多面性的工具 – 数学组合，这是一种科学研究的升华，对于人类认识自然不能不说是一件十分有益的事情，这也是组织“首届 Smarandache 重空间及重结构国际学术研讨会议”的直接动因。

第 3 篇　采购经济



采购经济的实质在于在市场的择优选择，即采购结果的优化。

深化体制改革，系统构建招标投标市场运行机制 [1]

摘要: 招标投标市场运行机制，直接关系招标投标活动是否保护国家利益、社会公共利益和当事人合法权益，是否提高了经济效益，保证了项目质量。本文结合近年对招标投标市场调研情况，通过对行业发展目标、行业制度建设、行业监督机制与行风、行业组织、行业从业机构、人员与行业自律、招标投标理论体系、行业信息化和行业文化建设等 8 个方面，对规范招标投标市场秩序进行有益探索。

关键词 市场运行机制、行业发展目标、制度建设、行业监督、行业组织、从业机构与人员、招标投标理论体系、行业信息、行业文化。

Abstract: The operation system of bidding market is important for protecting the State's interests, the social and public interests, the legitimate rights and interests of parties in the bid activity improving the economic effects and ensuring the quality of projects. Combining its normalizing development with those of market researches in recent years, this paper explores how to make such a system effectively operating through by aspects such as those of the goal of bidding business, construction of system rules, government supervision, tenderer and bidder organization, institutions, personnel, self-regulation system, bidding theory and culture. All of these discussions are beneficial for the development of bidding business in China.

Key Words: Operation system, goal of bidding business, system rule, supervision, bidder organization, bidding theory, bidding data and culture.

分类号: F21.

市场是市场经济的载体，没有市场就没有市场经济。党的十七届五中全会充分肯定了市场在资源配置中的基础性作用，而通过建立法律和规章制度的市场运行机制，则是保证市场公平交易，维持市场经济有效运行的先决条件。招标投标制度，作为我国社会主义经济建设中优化资源配置、提高经济效益、保证项目质量的一种交易制度，在推进经济体制改革、培育和规范招标投标市场体系，预防和惩治腐败交易行为等方面取得了令人瞩目的成绩，对我国经济建设发挥了重要作用，业已形成

[1] www.qstheory.com.

了由招标人、招标代理机构、投标人为主体，行政部门监督的市场体系。

随着招标投标制度应用范围的深入，也暴露出一些体制中的问题，如招标投标制度不统一、政出多门；同体监督、行政监督角色的缺失与越位；行业垄断和地方保护现象在一些领域、地区还比较突出，市场竞争机制难以有效运行；市场主体诚信自律在一定程度上缺失，无序竞争、虚假招标现象还比较严重；专业人才队伍建设缺乏统一规划，后继人才缺乏等等，这些问题如不能得到有效解决，会直接制约招标投标事业健康发展。

招标投标行业是一种跨部门、跨地区的行业，所以，构建规范有序的招标投标市场运行机制，单靠一个部门或一个地区是不可能解决的，必须采用系统科学思想，对整个运行机制中的规则、参与者、管理者与监督者等进行行业系统规划。这当中，政府是先导，需要进一步深化体制改革，转变政府职能，把那些能够通过市场调节、行业自律解决的事项交给行业组织或市场去解决，从而形成政府宏观调控、行业规范引导、企业自主决策、依法经营的有序的市场运行机制。为此，通过编制行业发展规划指导行业健康发展，建立招标投标市场有效运行机制迫在眉睫。本文结合近年对招标投标市场调研情况，通过对行业发展目标、行业制度建设、行业监督机制与行风、行业组织、行业从业机构、人员与行业自律、招标投标理论体系、行业信息化和行业文化建设等 8 个方面，对规范招标投标市场秩序进行探索，以使招标投标制度有效地服务于我国社会主义经济建设，促进市场的廉政建设。

一、深化经济体制改革，设置科学发展目标是规范招标投标市场秩序的大前提

规范招标投标市场秩序，政府及其部门行为起着至关重要的作用。认识上的不统一以及部门间在招标投标市场中的局部利益，使多年来招标投标市场运行机制一直就是“我行我素”的格局，而经济利益的趋使，政企不分、行政人员不作为或乱作为现象时有发生。所以，规范招标投标市场秩序本身就要求进一步深化经济体制改革，从而才能规范招标投标市场秩序。而规范招标投标市场秩序的宗旨在于进一步发挥招标投标制度在市场优化资源配置的积极作用，所以，招标投标行业发展目标应为“建立规范有序的招标投标市场运行机制，为我国社会主义经济建设服务”，为此，行业协调指导部门和行政监督部门应深化体制改革，坚决抛弃部门局部利益和那种与经济体制改革不协调的潜意识，以服务国家经济建设为大局，紧紧围绕这一发展目标规范、引导招标投标市场发展。

二、行之有效的行业制度，是建立招标投标市场秩序的重要保证

行业制度建设分为两个层次，一是法律制度建设，二是行业标准制度建设。

1、行业法律制度建设。招标投标市场中，“政出多门，制度不统一”的现象在一些地市县仍较普遍，地方保护主义近年在一些地区又重新抬头，与建立全国统一的招标投标市场运行机制背道而驰。为此，迫切需要组织《招标投标法》执法检查工作，进一步完善招投标法律体系的建设工作，促使招标投标法律制度的统一。以从法律制度层面，纠正一些地方、部门的不作为或越权作为的现象。

2、行业标准制度，是决定一个行业是否健康发展、是否成熟的重要标志。十一五期间，招标投标行业标准制度建设仅完成了工程施工类《标准招标文件》的制定，对规范、引导市场主体的行业标准、规程等均未颁布。为此，迫切需要组织完成行业一些基本制度，如招标投标行业工作规范、规程、服务标准和操作指导意见等一系列行业文件，以满足行业发展需要；同时，积极开展国际国内交流与合作，与境外政府、采购管理机构、行业组织等进行交流、研讨，并通过举办招标投标高层论坛、招标投标成就展、学术交流、研讨会，邀请国际采购专家到国内举办专题讲座或讲学等方式，引入或推广一些行之有效的招标投标规则、办法，进而完善行业标准制度的建设工作。

三、高效廉洁的监督机制，是规范招标投标市场秩序的有力保障

行政监督是招标投标制度“公开、公平、公正”的一项重要保障措施，也是国家利益、社会公共利益和当事人合法权益的有力保障，为此，迫切需要以国务院建设法治政府为契机，建立一种高效廉洁的行政监督机制，提高行政人员依法监督的能力，防止其“以权压法”和“以言代法”等行为；要探索解决招标投标“监管不分”、“同体监督”等招标投标领域的老大难问题；对一些与行政机关存在隶属关系或其他利益关系，提供公共交易服务的机构，或招标代理机构要完成企业改制工作，切断其与行政机关交织的利益关系。国内一些省份，如湖北、青海等省份已率先建立了跨地区、跨行业，且职责统一的行政监督机制，对解决“同体监督”进行了先期探索，需要对其实施效果与其他省份进行对比分析，进而制定出一种符合我国经济建设需要的行政监督体制，并推行行政监督程序、内容的标准化管理，从而提高行政监督人员素质。

调研发现，地区级以下一些行政部门人员非法干预、插手招标投标活动，假借“监督职能”对当事人卡要好处现象时有发生；而对招标投标活动中出现的一些明显违法行为，采用各种理由推诿、搁置不理，不履行法律赋予其的行政监督职责。一些地区行政人员甚至把出席开标、出席评标会议获取招标人或招标代理机构补偿作为一种正常的收入来源，于是开标、评标会出现了一些企业反映的“除了计划生育部门没来，其他部门的人都来索要误餐费、劳务费”的怪现象。为此，需要提高行政

监督人员依法行政能力和廉洁从政的素质，建立行政监督人员轮岗和清退机制；同时监察机关要有重点、有选择地对行政监督人员的执法行为和绩效进行监察，预防个人职务行为的违法违纪等。

四、行业组织建设是规范招标投标市场秩序不可或缺的内容之一

规范招标投标市场秩序，市场各方主体“诚实守信、合法经营”是基础，这当中，行业组织从自律方面对市场各方主体起着积极的引导作用，其重要性无需质疑，但一些省市至今未能组建跨行业、地区、部门的招标投标行业组织，滞后于市场发展。为此，迫切需要建立健全全行业统一指导、各省、市区分级管理、专业突出、职能明确的招标投标行业组织体系。进而形成全国招标投标行业组织体系，并通过行业组织研究行业发展重大事项，颁布重大事项行业发展指导意见。

服务于政府、行业和会员是招标投标协会设立的宗旨。为此，招标投标协会要积极接受并完成政府委托事项，帮助政府开展相关工作，同时，为减少招标投标行政复议、行政诉讼案件的发生，可在招标投标协会设立招标投标争议调解机构，鼓励争议双方在进入行政复议或行政诉讼前，先行通过协会争议调解机构进行调解。为更好地服务于会员，招标投标协会应与行政部门建立良好的沟通渠道，及时反映会员诉求；同时，行政部门也应大力支持建立这种沟通机制，因为它对形成管理、监督与参与者为一体的市场运行体制大有好处。

五、从业机构和人员的素质，直接关系规范招标投标市场秩序的建立与运行

从业机构和人员，是确保行业可持续发展的首要条件。

（一）从业机构布局

随着固定资产投资额度逐年增加，招标代理机构数量增长速度较快。据不完全统计，截止到 2009 年底，国内从事招标代理业务的机构（包括政府采购机构）已经达 6000 家左右。招标代理机构间恶意竞争现象也日趋普遍，纷纷采用压低国家规定的服务费收费标准、甚至零收费承揽代理业务。一些机构在承揽代理业务后，再采用其他非法方式获取额外报酬；另一方面，一些项目的招标代理质量也日趋低下，以简单走程序为代理内容。这些现象表明，需要组织研究招标代理可持续发展机制，以及在数量和区域分布满足经济建设需求条件下，适当控制招标代理机构数量；同时，按照市场优胜劣汰的原则，鼓励招标代理机构发展模式的创新，向专业化和规模化方向发展，提倡招标代理机构“做大做强”；同时，为减轻企业负担，应对现行招标代理市场准入制度进行研究，彻底改变那种“条块分割、部门割据”管理模式，

要促进招标代理资格的统一。

（二）从业队伍建设

从业队伍建设既要考虑当前，又要考虑其后备力量储备。为此，需要从三个方面对从业队伍建设进行系统规划：

1、招标采购方向学生培养

考虑到现行高校专业分布，在经济学、工学、法学及管理学类专业开设招标采购本科生培养方向；同时，鼓励高等学校及研究机构进行招标采购方向硕士、博士人才的培养；有计划地完成在高等学校开设招标采购专业的可行性研究，在高等教育专业培养目录中设置招标采购专业，以适应经济建设发展，向社会提供具备招标采购专业知识的高校毕业生。

2、招标采购从业人员管理

2007 年，原国家人事部、国家发展改革委联合印发了《招标采购专业技术人员职业水平评价暂行规定》和《招标师职业水平考试实施办法》，于 2009 年、2010 年成功组织了两次全国招标师职业水平考试，至今已有 18000 多人获得了招标师职业水平证书，为规范招标采购行为打下了一定基础。但为确保招标投标事业可持续健康发展，仅有职业水平考试远远不够，不便于提高从业人员职业素质，也不便于对从业人员执业管理。为此，需要进一步建立招标采购人员、投标人员的职业准入制度，并配套出台一系列从业人员的管理办法，如从业人员注册制度、继续教育制度、考核制度和不合格清退机制，从而保证从业人员的职业素质符合社会发展需要。

3、招标采购专家队伍建设

建立一支专业水平高、职业道德过硬的评标专家队伍，是招标投标制度有效实施的重要保障。专家分为两类，一是评标专家，依招标人聘请依法完成评标工作；二是招标采购理论、方法、教学研究专家，对有关招标采购理论、方法、教学进行系统研究。

调研发现，评标"走过场"现象在一些地区仍较普遍。一些专家完成评标工作后以不签署评标报告为条件，要挟招标人或招标代理机构，高额索要评标劳务费；极个别专家甚至利用认识专家库内人员多的优势，违法为一些投标人与评标专家串通充当经纪人。为此，需要有步骤、有计划地推动国家、省级以上人民政府综合评标专家库建设工作，对评标专家试行统一管理，并进一步发挥专家资源的作用；同时，建立评标专家培训、考核制度和不合格清退机制，以严格评标专家的管理，并

加强其职业道德和业务素质培养，确保评标制度得以有效实施。

招标投标是一项实践性较强的制度，其理论研究滞后于实践一直是一个不争的话题。为此，需要从各个层面构建招标采购教学、科研和争议协商调解的专家队伍，为行业科学决策提供专业理论或咨询意见。

（三）行业自律

行业自律是确保招标投标活动当事人依法参与招标投标活动、诚信履约的重要保证，同时也是建立“守信获益、失信受惩”的直接依据。但多年来，对招标投标市场主体信用评价一直缺乏系统的理论与实践研究。为此，需要在行业服务标准基础上，组织有关业内专家研究并建立招标投标信用评价机制；并逐步开展对招标代理机构、招标人、投标人、评标委员会专家等市场主体、人员的信用评价工作；在此基础上，开展招标代理机构、招标人、投标人和评标委员会专家的诚信创优工作，对创优者进行表彰，并颁布向诚实守信者倾斜的行业政策引导市场主体行为；同时，行业组织要加强对招标投标市场主体的自律监督，进一步完善行业自律检查和社会监督机制等，以弥补行政监督力量的不足。

六、招标投标理论体系是招标投标市场科学发展的基础

招标投标理论体系分为两个方向，一是法律基础，即招标投标法律制度，二是经济理论基础，需要综合微观经济学、博弈论、管理学和运筹学等相关科学，一直没有得到业内学者的重视。为此，需要通过政府拨款、社会捐助、企业筹集等多种方式，设立招标投标专项研究基金，由政府、行业组织、科研机构等定期发布研究课题，资助招标投标理论与行业发展中一些重大课题研究；鼓励科研人员对招标投标理论和行业中的热点问题进行研究；同时，要建立重大案例研究机制，组织相关领域专家对国内外招标投标领域发生的一些重大案例进行分析、会诊和研究，发布研究报告指导行业发展。

七、行业信息化建设是招标投标市场管理的重要依托

人与自然协调发展是党的科学发展观对社会发展的一个重要指导思想。为此，要采用现代科学技术，如信息技术成果开展招标投标技术创新研究，倡导绿色招标、资源节约型招标投标理念，以满足“人与自然协调发展”的社会发展目标。

信息技术在招标采购中的应用开发远未到位，需要研究、建设的事项较多，一是各类数据库建设，如招标投标行业制度库、招标代理机构库、投标人库、招标采

购从业人员库等基本数据库；二是电子招标采购制度、电子招标采购公共平台和招标投标违法行为记录公告平台的建设；三是从业机构招标、投标项目及供应商数据系统；四是组织研究制定行业统计方案和统计指标，建立行业数据统计制度及行业统计指标发布渠道等事项。值得提醒人们注意的是，行业信息化建设，特别是电子招标制度建设的同时，完成了招标投标可追溯性工作，对纪检、监察部门查处少数当事人违法行为提供了便利条件。

八、行业文化建设是招标投标市场中社会主义核心价值体系的重要体现

招标采购制度在我国已经实施了十多年，对我国社会主义经济建设，预防和惩治腐败交易行为等方面发挥了重要作用，但时至今日，人们只要一提到招标投标，谈及的几乎都是虚假招标或是招标采购充斥着腐败等话题，极大地影响了招标投标行业在人们心中的形象。这固然与少数项目违法操作有关，但更多地与行业文化缺乏和一些媒体利用人们的“猎奇”、“仇富”心理，过多报道少数招标采购项目阴暗面有关。为此，要以建设社会主义核心价值体系为基础，推动行业诚实守信的文化体系建设，进而提高从业人员思想道德素质和科学文化素养，彻底改变招标采购人员在社会上的形象。同时，为彰显招标投标制度在社会主义精神文明和物质文明建设中发挥的作用，要坚持“正面宣传为主、处罚报道为辅”的原则，宣传、报道、出版市场主体和行业从业机构及人员的先进事迹、先进成果以及违法事件的行政、刑事处罚结果等项工作，从而树立招标投标制度在人们心中的光辉形象。

综上所述，系统构建招标投标市场秩序，是进一步发挥招标投标制度在市场资源优化配置中基础性作用，规范市场主体行为和行政监督、监察，促使市场廉政建设的一项举措。为此，需要在保障我国经济建设的基础上，组织专家充分研究、论证，并调动政府、行业组织、企业三个方面的积极性，进而才能系统构建规范有序的招标投标市场运行机制，为我国社会主义经济建设做出更大贡献。

从经济学角度出发，构建招标采购理论体系 [1,2]

摘要: 招标采购理论是基于消费选择理论、运筹学、决策理论、多元统计分析、可靠性分析等既有理论形成的，用以指导招标采购实践的理论。为使更多人了解招标采购理论体系，认识市场经济制度下招标采购的经济实质，本文从经济学角度，对招标采购基础理论体系进行了系统归纳、整理，以使读者能从一个广泛视角理解招标采购对市场经济的功用。

关键词: 市场经济、招标采购、理论体系、消费选择、经济宗旨。

Abstract: The bidding theory is such an economically purchasing theory established on known theories such as those of consumer behaviors, operation research, game theory, multi-statistics and reliability analysis ,· · ·,etc. to instruction of bidding practice. For letting more peoples understand the essence of bidding purchasing in the market system and know this theory, this paper systematically introduces it from micro-economy, which will enables the reader comprehends the function of bidding in market economy of China.

Key Words Market system, bidding purchasing, theoretical system, consumption choice, economic substance.

分类号: F22.

招标采购是市场经济制度下进行市场资源优化配置的一种竞争交易方式，其实质，是通过招标投标过程实现采购标的。作为市场经济下的一种微观经济活动，招标采购需要遵守微观经济学规律，遵守经济学的消费选择约束，并在此基础上，进行优化选择，进而实现提高经济效益，保证项目质量的目标。作为一种竞争交易，招标采购还担负着促进社会技术进步的责任和使命。

招标采购的这种经济属性，决定了招标采购理论是以微观经济学为基础的一种有限选择理论，是一种基于一次性博弈基础上的优化理论，以下从招标采购理论的基本任务、具体目标和中标可信分析三个方面分别进行阐述。

[1]《政府采购信息报》，2012 年 2 月 17 日

[2]www.ctba.org.cn

一、招标采购理论的基本任务 – 结合市场经济，服务招标实践

什么是招标采购理论？招标采购理论是关于招标采购抽象的、一般性的陈述，包括对招标采购一般性概念的详细阐述，及其采购结果分析。既然招标采购制度是市场经济中的一种竞争性交易制度，其实施就离不开市场经济，需要遵循市场经济规律。

（一）市场经济的四个基本特征

大家知道，市场经济是指市场调节在资源配置中起决定性作用的一种经济体制。市场经济突出市场调节在资源配置中的作用，在于生产什么、如何生产和产品销售等问题，依靠市场调节来解决。市场经济具有以下四个基本特征：

①市场主体的自主性。市场主体是微观经济的基本组成要素。在市场经济条件下，任何企业、其他经济组织或个人，必须是名副其实的、拥有充分自主权的市场主体，能够自主经营、自负盈亏、自我发展、自我约束。

②市场关系的平等性。市场关系的平等性，指市场活动的所有生产者、经营者、服务者和消费者在身份上是平等的，没有等级、特权，即交易双方或多方当事人之间相互平等，表现为市场交换关系，遵循等价交换原则。

③市场活动的竞争性。市场活动的竞争性是市场经济的固有产物，表现为竞争压力和竞争动力的统一，促使各类市场主体认真研究市场情况，分析市场信息，了解市场需求，化解市场风险，适应市场需求及其变化。

④市场运行的法制性。市场运行的法制性是市场经济的根本要求。法制性是建立和完善市场经济活动正常秩序的法律体系，包括市场立法和执法两大方面，核心是保证市场运行过程的公平交易秩序。

（二）招标投标市场的四大要素

招标投标制度作为我国经济建设中优化资源配置、提高经济效益、保证项目质量的一种竞争性交易制度，在推进经济体制改革、培育和规范招标投标市场体系，预防和惩治腐败交易行为等方面取得了令人瞩目的成绩，对我国经济建设发挥了重要作用，业已形成了招标投标市场，这一市场由市场主体、市场客体、市场法规和社会保障等基本要素构成。

①招标投标市场主体。招标投标的市场主体是招标人和投标人。这里，招标人是 1 个，投标人是多个。招标代理机构接受招标人的民事委托，代理招标人招标；评标委员会由招标人依法组建，接受其委托，按照招标文件中的评标标准和方法，对

投标文件进行系统的评审和比较，完成评标报告和推荐中标候选人等咨询意见。

②招标投标市场客体。招标投标市场客体即交易客体，是工程、货物或服务。

③招标投标市场法规。如《民法通则》、《合同法》、《招标投标法》、《招标投标法实施条例》等规范招投标市场主体交易行为的法律、法规、规章、规定等，是市场秩序的社会保障。

④行政监督部门。行政监督部门作为招标投标市场的执法者，依法查处招标投标活动中的违法行为，其活动是维护市场秩序的重要保障。

（三）招标采购理论是竞争交易理论

作为一种市场经济下的竞争交易理论，招标采购理论首先应按市场经济的特点和规律，总结招标采购活动的成功经验与作法；其次，将那些具有普遍意义的内容，结合消费选择理论、运筹学、决策理论、多元统计分析、可靠性分析等既有理论形成招标采购理论，再用这一理论指导招标采购实践，并持续改进，即采用从实践中来，到实践中去，“实践、实践、再实践”的建设方法。这当中，市场经济是基础，消费选择理论是指导，而运筹学、决策理论、多元统计、可靠性分析等则是择优选择工具，也只有这样完成的招标采购理论，才符合我国市场经济实际，进而可用于指导招标采购实践。

二、招标采购理论的具体目标 – 提高经济效益，保证项目质量

（一）招标采购是一种消费选择行为

招标采购是采用竞争性方式实现采购标的的一种消费选择行为，这种选择行为是通过招标人招标公告或投标邀请书发出要约邀请，投标人按招标文件要求编写并在投标截止时间前递交投标文件进行要约，招标人按评标委员会完成的评标报告和推荐的中标候选人确定中标人并向其发出中标通知书（承诺），然后招标人和中标人按照合同约定履行义务，完成中标项目实现采购标的。这一采购过程可以分成以下两个阶段：

第 1 阶段：缔约阶段，即招标投标阶段

这一阶段主要包括以下事项：①招标人发出招标公告或投标邀请书，发售招标文件；②投标人按招标文件的要求编制并在招标文件规定的投标截止时间前递交投标文件；③招标人组织开标；④评标委员会评标；⑤招标人依据评标委员会的评标报告和推荐的中标候选人确定中标人；⑥招标人和中标人按照招标文件和中标人的投标文件签订书面合同。

第 2 阶段：履约阶段，即采购标的实现阶段

这一阶段要求招标人和中标人依照诚实信用原则履行合同约定义务，实现采购标的，进而实现提高经济效益、保证项目质量的招标采购目的。这当中，招标投标过程是采购形式，诚信履约实现采购标的是内容，所以招标采购是招标投标过程和合同履约过程的统一体，二者不能分离，否则，提高经济效益、保证项目质量就落不到实处，这也是建立招标投标制度进行采购的宗旨。

采购经济效益有两种，一种是微观经济效益，另一种是宏观经济效益。这里，采购微观经济效益是从采购人个体获得的直接经济效益，而采购宏观经济效益则是指采购行为在社会经济体系中起的作用以及由此产生的经济效益。所以，采购消耗的社会资源越少，采购效益越高，同时，采购结果的社会需求满足程度越高，采购效益也越好。

采购微观经济效益和宏观经济效益可以用下面两个公式计算：

$$C_W = C_B - C_S - C_P$$
$$C_H = (C_B + \sum_i C_i) - (C_S + C_P + \sum_{i=1}^{n} C_{T_i})$$

这里，C_W- 货币化的采购微观经济效益，C_H- 货币化的宏观经济效益，C_B- 采购预算额、C_S- 采购成本费，C_P- 合同价格，C_i- 货币化的第 i 项社会收益，C_{T_i}- 第 i 个投标人或竞争人的直接成本费。采购人的目的是实现采购微观经济效益和宏观经济效益最大化，即确定满足 $\max C_W$ 和 $\max C_H$ 的投标人或供应商为中标人或成交供应商。

讨论经济收益离不开边际效用，这里的边际效用，是指某种物品的消费量每增加一个单位所增加的满足程度。边际的含义是表示一单位的自变量的变化量所引起的因变量的变化量。在边际效用中，自变量是某物品的消费量，而因变量则是满足程度或效用。

消费选择实际上是预算约束下的一种优化选择, 即其效用函数的优化。既然消费选择是一种优化选择，采购人一般以追求其微观经济效益 C_W 最大化为前提，但对于依法必须进行招标的项目，则要求采购人追求宏观经济效益 C_H 最大化，即要求采购结果提高了社会经济效益而不单是提高招标人或中标人收益。

（二）招标中的合作博弈和竞争博弈

博弈是在二人或多人平等的对局，利用对方的策略变换自己的对抗策略，做出有利于自己的决策的一种理性行为，分为非合作博弈和合作博弈两类。所谓合作博弈，指参与者从自身利益出发与其他参与者谈判达成协议或形成联盟，所得结果对

联盟方均有利。而竞争博弈（非合作性博弈）是指参与者在行动选择时无法达成约束性协议，只能通过竞争进行博弈。

博弈论中有一个很著名的例子，即囚徒困境，在这个例子中，甲、乙两个人合伙犯了一宗大罪，但因证据不足，除非两人中至少有一个人认罪，否则法院无法给他们定罪。为此，检察官下令拘捕两人，同时提供了下面这个条件让他们选择：

如果你坦白而你的同伙没坦白，你就会因为检举有功而获得无罪释放；但如果你不坦白而你的同伙坦白，则你将被按照最高量刑标准定罪，判 10 年刑；如果你们两个人都坦白，则两人都会被定罪，但不会按照最高量刑标准定罪，将判 8 年刑；如果两人都不坦白，那么甲、乙都会被按轻微的逃税罪处罚，判 1 年刑。

这样，甲乙两个人从自己利益最大化目标出发，分别选择了对自己最有利的决策，即坦白，因为如果对方坦白而自己不坦白，则将被判 10 年刑，多坐 2 年牢。

招标采购博弈同时包括竞争博弈与合作博弈两种，这当中，投标人之间的博弈是竞争博弈，而招标人与中标人之间则为合作博弈。

1. **缔约阶段是竞争博弈**

招标采购过程中，招标投标阶段对应于竞争博弈，由招标人编制的招标文件中确定的合同条件、中标条件和市场条件情况决定，三者有机统一于招标采购实践，是招标人编制招标文件，以及投标人参与投标博弈，确定合同履约风险需要重点考虑的事项。在确定择优条件，引导投标人竞争时，应注意以下几个事项：

①信息集的把握程度对招标采购结果的影响。招标采购竞争博弈中的信息集由两部分内容组成，一是市场供给情况；二是吸引投标人竞争必须公布的信息，例如标的。这里，市场供给决定了招标采购竞争的激烈程度及招标采购目标实现的可能性，而准确确定招标标的，特别是招标文件公布的标的与实际标的的一致性，直接关系到采购收益。

②采购经济取向对招标采购结果的影响。采购经济目标是使招标人获得最大收益的目标，但应与投标实际状况相结合，应从投标人实力出发进行择优选择。招标人的这种选择取向越明确，投标人制订博弈策略就越明确，相应地招标采购的经济收益也就越好；反之，招标采购经济取向不明确，特别是不能让投标人依据自身实力竞争，就会造成招标人在经济收益方面受到损害。例如市场上采用有效投标人算术平均值作为评标基准价的方式，从形式上看招标人的经济取向明确，但因没有结合投标实际状况来鼓励其按自身实力竞争，会直接导致投标人无法按其自身实力制订竞争策略，只能通过猜测，或是串标、围标等手段获得最佳报价值，这样不利于提高社会经济效益。

③社会技术进步对招标采购结果的影响。招标采购是市场经济下一种优化资源配置的制度，与社会技术进步密不可分，使得招标采购本身还肩负着推动社会技术进步，淘汰与发展不协调的落后的技术方法和手段的任务。这主要表现在需要择优选择促使人类社会与自然发展相协调的、择优选择拥有先进技术的标的，特别是对推动人类生存与发展有促进作用的产品、先进技术等。

④竞争程度对招标采购结果的影响。招标人是通过投标人博弈获得收益的。投标人越多，选择余地大，招标人获得的收益就越好，中标人获得的收益就越差。所以招标采购过程中，招标人实现采购目标的方法基于投标人的竞争，中标人获得收益的最优策略则是减少投标竞争的激烈程度，最好不是竞争而是局中人之间的合作，即串通投标。在囚徒困境中，检察官由于分别在不同房间关押甲乙两人，使得其没有串谋机会，进而实现了让两个人都认罪的目的。但招标采购中，由于不能采用上述物理隔绝措施，投标人竞争过程中始终存在合作条件。所以，实现招标采购收益最大化，制订的中标条件应能打破合作博弈的先决条件，即使投标人间合作获得的收益少于等于其独立投标的收益，同时加强市场监督，建立市场诚信评价机制。

2. 履约阶段是合作博弈

招标采购合作博弈，即招标人与中标人签订合同，以及履行合同过程中的博弈行为，其直接影响招标采购标的的实现，主要涉及合同签订、收益分配和风险分配三个事项。

①合同订立原则。招标采购合同由中标人的投标文件和招标人向其发出的中标通知书形成，须按照招标文件规定的实质性要求和条件，即合同标的、数量、质量、价款或报酬、履行期限、地点和方式、违约责任和解决争议的方法等以及中标人投标文件优于招标文件要求的承诺进行订立，这当中，合同标的和数量、质量、履行期限、地点和方式、违约责任和解决争议的方法等来源于招标文件，或中标人的投标文件优于招标文件规定的承诺，但价款或者报酬则来源于中标人的投标文件，即招标人在中标人交付标的时需要向其支付的货币。

②合同履行中的收益。主要有三种，即合作收益、合理化建议收益和第三方赔款等，应按照当事人双方的贡献额度进行收益分配。

③合同风险分配。即对可识别合同风险的管理分配。这种分配应以降低最终合同支付为目标，按照有利于控制或减少风险危害程度从而减少应对风险需要支付的货币为最终目标的原则来分配合同风险。

（三）招标结果：以排序理论为基础进行择优选择

招标采购评价指标分为两类，一类是可以直接测量的指标，例如人数、价格、业

绩等，称为显变量；另一类不能直接测量，只能间接判断或推断，称为潜变量，例如创新能力、信誉等。对于显变量，可以采用数学方法优化，但对于潜变量，最有效方法就是借助于排序理论对优选因素进行排序，按序关系进行选择。

这种方式使得人们可以一般性地建立招标采购因素间的序关系，进而确定招标采购目标因素排序进行选择。

采购因素的排序有以下一些有效方法：

方法 1: 经验值法

经验决策的前提是有使用数据统计分析，包括其指标数值统计、故障、改进办法及结果分析等。采购目标需求不同，其决策采用的统计指标不同，但一般需依据其技术、经济指标数值，对应分析产品使用功能及需要改进事项，进而确定该类产品指标的适用范围，这一决策过程既涉及科学决策，还涉及采购人的经验与心理素质。对于多次重复使用的产品采购，可以依据历次统计数值进行经验排序。

方法 2: 优选法

确定因素 A、B 间优劣关系，实践中有一种简单方法，即优选法，这种方法是采用最少试验次数选择最优方案的一种方法。常用的优选法有单因素或多因素 0.618 法、二分法、Fibonacci 优选法等，这当中最简单的是 0.618 法。

方法 3: 专家决策法

对那些不能通过外显指标直接比较序关系的因素，可采用专家群体决策机制确定因素间排序。这种决策机制既可以发挥专家专业优势，又可以发挥专家群体决策优势，从而满足采购需求目标。专家决策一般采用以下过程: ①成立专家决策组。决策组成员人数为奇数，以便在有争议时可以采用投票方法，按照“少数服从多数”的原则决策；②掌握决策依据，熟悉决策数据，了解决策相关事项，必要时，组织讨论，研究决策标准，以达成共识；③专家依据个人学识、经验和标准，进行决策；④汇总专家决策结果，出具专家集体决策意见，供最终决策者使用。

注意，专家决策实际上可以表示为优选矩阵。假设有 n 个因素 $A_1, A_2, \cdots, A_n$ 需进行排序，则专家需要完成一个 $n \times n$ 的优选矩阵 $[a_{ij}]_{n\times n}$，这里，a_{ij} ，$1 \leq i, j \leq n$ 为 A_i, A_j 间关系的决策真值，即 $A_i > A_j$ 时 $a_{ij} = 1$；反之，$A_i < A_j$ 时 $a_{ij} = 0$。注意，这里定义的矩阵在主对角线上的元均为 0，且满足如 $a_{ij} = 1$ 则 $a_{ji} = 0$ 的条件。

当专家组人数 $n \geq 2$ 时，不同专家完成的优选矩阵不一定完全一样，此时需要将所有专家的优选图表汇总为一个优选矩阵，进而完成目标因素的排序。汇总方法有两种，一种是矩阵求和汇总；另一种是加权求和汇总，即赋予每个专家一定的权

值 $p_1, p_2, \cdots, p_n \geq 1$，然后计算矩阵和

$$[b_{ij}]_{n\times n} = p_1[M_1] + p_2[M_2 + \cdots + p_n[M_n].$$

投标结果排序依赖于投标目标因素的排序，后者是前者的基础。实践中，在目标因素排序基础上对投标排序有两种方法，一种是目标函数法，即单目标函数、伪单目标函数（目标间存在某种度量关系）和多目标函数法；另一种是图上作业法，即在采购因素和投标结果形成的有向图上，确定投标结果间的一棵表示优劣关系的有向树，进而选择采购目标。

三、招标采购理论以完善市场主体、客体可信的引导机制为前提

中标结果的可信性分析，指中标人履行合同，实现中标结果的可靠性分析，包括中标人履约能力和标的可靠性分析两个方面，是招标采购过程中，招标人择优选择中标人，实现招标采购标的的前提，也是分析招标采购结果，判断招标采购标的可实现性的一种方法。

（一）中标人可信评价

评价中标人是否可信，进而能够履约实现采购标的是一个复杂的问题，涉及中标人组织结构、人员结构与素质、设备、设施及状况、管理与协调能力、服务质量、抗风险能力，以及协调第三人能力等诸多事项，是一种典型的潜变量。多元统计学中的结构方程模型，通过寻找变量间, 特别是那些无法直接测量变量的内在结构关系, 进而验证模型是否正确，以及如何调整的思想, 为预测和评价社会科学，特别是管理学中的一些指标提供了一种基于统计学的近似分析方法，这种方法可有效用于对中标人进行可信分析。

结构方程由测量模型和结构模型组成，其中，测量模型采用的线性方程组为

$$\overline{X} = A_{\overline{X}}\overline{U} + \overline{C}$$
$$\overline{Y} = A_{\overline{Y}}\overline{V} + \overline{D},$$

这里，$\overline{X}$ - 外源指标（如市场供给环境指标）组成的向量；$\overline{Y}$- 内生指标（如服务硬件）组成的向量；$\overline{U}$- 外源潜变量；$\overline{V}$- 内生潜变量；$A_{\overline{X}}$- 外源指标与外源潜变量之间的关系，是外源指标在外源潜变量上的因子负荷矩阵；$A_{\overline{Y}}$- 内生指标与内生潜变量之间的关系，是内生指标在内生潜变量上的因子负荷矩阵；$\overline{C}$- 外源指标 $\overline{X}$ 的误差项；$\overline{D}$- 内生指标 $\overline{Y}$ 的误差项；结构模型采用的线性方程组为：

$$\overline{V} = G\overline{U} + H\overline{V} + \overline{I},$$

这里，$\overline{U}$- 外源潜变量；$\overline{V}$- 内生潜变量；G- 外源潜变量对内生潜变量的影响（如市场环境对服务能力的影响）；H- 内生潜变量间的关系（如服务人员工素质与其他内生潜变量的关系）；$\overline{I}$- 结构方程的残缺项，反映了在方程中未能被解释的部分。依据行业、地域和项目特点，采用构建、拟合、评价和修正等过程，科学合理地确定结构方程中的矩阵 $A_{\overline{X}}$、$A_{\overline{Y}}$、$\overline{U}$ 和 $\overline{V}$，是评价中标人可信的基础性工作。这里，数据收集、整理和确定目标是前提，而因子负荷矩阵与招标采购实际相结合则是根本。对上述三种中标人，即工厂制造商、承包商和服务商。

（二）产品可靠性

产品或系统在规定的条件和规定的时间内，完成规定功能的能力称为产品或系统的可靠性，这里，规定条件指产品或系统使用时的环境条件和工况条件；例如同一品牌同一型号的汽车，在高速公路和在山路上行驶，其可靠性表现就不一样，所以必须指明规定的条件是什么；规定时间指产品规定的完成任务时间；随着产品任务时间的增加，产品出现故障的概率将增加，对应的，其可靠性下降。例如，新出厂的汽车和行驶了 5 年的汽车，即便是同一品牌同一型号后，后者出现故障的概率会加大；规定功能则指产品涉及规定的其须具备的功能及技术保证指标。所要求产品功能的多少和其技术指标的高低，直接影响到产品可靠性指标的高低。

产品或系统可靠性包括产品或系统的耐久性、可维修性和设计可靠性三大要素，这里，耐久性指产品使用无故障性或使用寿命长，但从系统工程角度来说，任何产品不可能 100% 不发生故障；可维修性指产品发生故障后，能够方便快捷地通过维护或维修排除故障，就是可维修性；设计可靠性，指设计产品或系统时，充分考虑产品的易使用性和易操作性，按照可靠性最大化的要求进行设计。

产品或系统可靠性评价，可以使用概率指标或时间指标，这些指标包括可靠度、失效率、平均无故障工作时间、平均失效前时间、有效度等，举例来说，如果产品数量为 N，其中使用寿命 $T > t$ 的产品数量为 $u(t)$，则该批产品可靠度可定量表示为

$$P(T > t) = \frac{u(t)}{N}.$$

一般地，如果重复作 n 次试验，当上述比值 $u(t)/N$ 稳定地在某一数值 p 附近摆动，而且试验次数越多，摆动浮度越小，则称数值 p 为该产品的可靠性，记为 $R(t) = p$。

可靠性标准是可靠性工程与管理的基础之一，是在理论指导下通过总结工程与管理实践经验而制定，并随着研究、技术发展以及经验的丰富不断修订、不断完善的结果，一般分三个层次：即可靠性基础标准；专业可靠性基础标准和有可靠性要求的产品标准。这里，可靠性基础标准是指对可靠性工程与管理具有广泛指导意义

的基础标准；专业可靠性基础标准是某一大类产品共用的可靠性标准；有可靠性要求的产品标准是指各种有可靠性指标等要求的具体产品标准。

（三）中标结果的市场保障

中标结果的市场保障基础是社会诚信体系建设, 即市场主体以诚信原则为做人、处事的根本。诚实信用原则要求民事主体在民事活动中要诚实，不弄虚作假，不欺诈, 进行正当竞争；应善意行使权利, 不以损害他人和社会利益的方式来获取私利；应信守诺言，不擅自毁约，严格按法律规定和当事人的约定履行义务，同时，在当事人约定不明确或者订约后客观情形发生重大改变时, 应依诚实信用的要求确定当事人的权利义务和责任, 从而兼顾各方当事人利益。

市场诚信体系，由政府诚信、企业诚信和个人诚信三部分构成，其中，政府诚信是社会诚信的基石，个人诚信是社会诚信的基础，而最关键、最活跃和最具影响力的是企业诚信。

市场诚心体系建设包括：①诚信文化建设；②法律法规建设；③诚信评价标准设置；④诚信信息平台建设；⑤管理、监督、服务体系建设；⑥构建诚信市场机制；⑦培养诚信意识和诚信能力；⑧构建企业诚信环境等。

招标采购经济效用及择优分析 [1]

摘要 招标采购，包括缔约，即招标投标和履约两个过程，是行为人在遵从法律、文化、习俗、道德、纪律等社会行为规范条件下，利用市场的调节作用，在缔约过程中引入投标竞争机制择优，进而实现其提高经济效益，保证项目质量的经济宗旨，但如何实现这一宗旨还有许多深层次问题，如其涉及的社会行为规范、经济行为及实现方法需要研究。本文拟就招标投标法框架下，从消费选择行为分析招标采购商品的经济效用，应用排序论、重空间等数学理论建立招标采购择优模型，分析招标采购商品效用的择优手段和方法，探讨招标采购行为的经济本质，以引导招标采购向追求商品效用最大化的经济方向发展。

关键词 招标采购、行为约束、商品效用、效用函数、重空间模型、择优函数、序关系、择优、中标结果。

Abstract The bidding purchasing, including the process of contracting party with performance is a kind of competitive mechanism of the actor following on the code of conduct, such as those of laws, culture, customs, morality and disciplines in the market, and then increases economic benefits and ensures the quality of the purchased project. However, there are many basic questions should be researched beforehand such as those of items in the code of conduct, economic purpose with effective methods. In this paper, we analyze the commodity utility of bidding goods under choice behavior, apply the scheduling theory, multi-space theory to establish a mathematical model of bidding and then give the methods on economic substance for guiding the development of bidding purchasing to selection on the maximization of commodity utility in China.

Key Words Bidding purchasing, code of conduct, commodity utility, utility function, multi-space model, preferred function, order, optimization, bid approval.

分类号: F22.

---

[1]《招标与投标》, 2013 年第 2 期

一、招标采购行为的法律约束

商品效用，指消费者依据其自身价值观，对所消费商品的主观感受与评价。招标采购是微观经济活动中的一种消费选择行为，即利用市场的基础性调节作用，优化选择商品以使其能够获得最大经济效用。《招标投标法》第一条规定，我国建立招标投标制度的经济目的，是提高经济效益，保证项目质量，即在招标投标缔约环节引入投标竞争机制，使招标人可以通过竞争择优选择，进而实现提高经济效益，保证招标采购项目质量的宗旨。同时，其第四十一条进一步约束了招标人的选择行为，规定中标人的投标应当符合下列条件之一，即能够最大限度地满足招标文件中规定的各项综合评价标准，或能够满足招标文件的实质性要求，并且经评审的投标价格最低，但是投标价格低于成本的除外，以使招标人通过招标采购，最大限度地得到招标采购商品效用。

这里，需要引以人们注意的是，商品效用只有当消费者已事实上得到商品并使用，才能形成对所消费商品的感受与评价。所以，微观经济学中的采购，一定包括缔约和履约两个过程。这里，缔约是当事人达成消费供给协议，履约则是消费者支付并获得供给。对应的，招标采购，也由缔约，即招标投标活动和履约，即当事人履约两个过程构成，如图 3.3.1 所示。

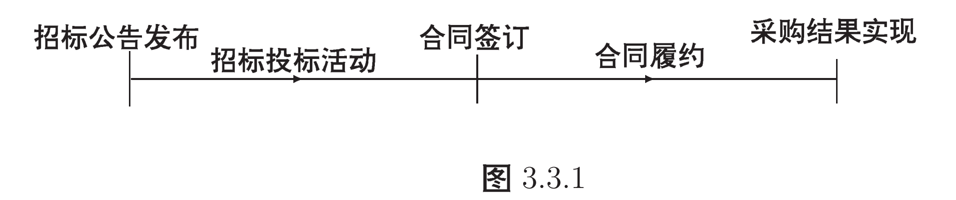


图 3.3.1

分析招标采购经济效用及其择优选择，须以行为约束，特别是招标采购行为强制性约束，即招标投标法规定为条件。这里，对有关招标采购行为法律规定例举如下 ([4]、[5])。《招标投标法》第十九条规定，招标人应当在其发出的邀约邀请，即招标文件中，根据招标项目特点和需要编制招标文件，明确招标项目的技术要求、对投标人资格审查的标准、投标报价要求和评标标准等所有实质性要求和条件以及拟签订合同的主要条款；第二十七条规定，投标人应当按照要约邀请，即招标文件的要求编制投标文件，递交投标邀约，并对其实质性要求和条件作出响应。这是招标人择优，发出承诺与中标人邀约构成合同的基础。

《招标投标法》第四十条规定，评标委员会应当按照招标文件确定的评标标准和方法，对投标文件进行评审和比较，同时规定，评标委员会完成评标后，应当向招标人提出书面评标报告，并推荐合格的中标候选人。在此基础上，《招标投标法实施条例》第五十三条规定，评标完成后，评标委员会应当向招标人提交书面评标报

告和中标候选人名单，并要求中标候选人应当不超过三个，并标明排序，即要求评标委员会推荐的中标候选人有先后次序。对确定中标人的行为，《招标投标法》第四十条规定，招标人根据评标委员会提出的书面评标报告和推荐的中标候选人确定中标人，即招标人只能在评标委员会推荐的中标候选人中，依据其第四十一条规定的择优原则确定中标人。对国有资金投资占控股或主导地位的项目，《招标投标法实施条例》进一步规定：

第五十五条 国有资金占控股或者主导地位的依法必须招标的项目，招标人应当确定排名第一的中标候选人为中标人。排名第一的中标候选人放弃中标、因不可抗力不能履行合同、不按招标文件要求提交履约保证金，或者被查实存在影响中标结果的违法行为等情形，不符合中标条件的，招标人可以按照评标委员会提出的中标候选人名单排序依次确定其他中标候选人为中标人，也可以重新招标。

所以，招标采购择优原则，是依据评标委员会完成的书面评标报告和推荐的中标候选人，依次确定中标人（包括非国有投资项目），因为评标委员会依法推荐的中标候选人是对投标结果评审比较的优劣排序，体现的是《招标投标法》第四十一条规定的择优次序。

《招标投标法》第四十六条约束了招标人和中标人签订书面合同的行为，规定

第四十六条 招标人和中标人应当自中标通知书发出之日起三十日内，按照招标文件和中标人的投标文件订立书面合同。招标人和中标人不得再行订立背离合同实质性内容的其他协议。

招标文件要求中标人提交履约保证金的，中标人应当提交。

注意，《招标投标法》第十九条要求招标人按照项目特点和需要编制招标文件，明确所有实质性要求和条件，其第二十七条规定投标文件应当对招标文件提出的实质性要求和条件作出响应。所以，这里的第四十六条要求招标人和中标人是按照招标文件中的实质性要求、条件和中标人投标文件对招标文件实质性要求、条件的响应结果签订书面合同，因为中标人的投标是满足招标文件实质性要求和条件的最优结果，为此，《招标投标法实施条例》第五十七条进一步明确规定，招标人和中标人签订的书面合同，即合同的标的、价款、质量、履行期限等主要条款应当与招标文件和中标人的投标文件的内容一致。

所以，招标采购行为的法律约束，实质上是要求招标人在招标文件中载明其所有实质性要求和条件；要求投标人对招标文件规定的实质性要求和条件进行响应，并依据其自身实力竞争；而评标委员会则是帮助招标人采用招标文件公布的评标标准和方法对投标文件进行评审和比较，按投标优劣结果推荐中标候选人；最后，要

求招标人按投标优劣次序确定中标人，并与中标人按招标文件和其投标文件签订书面合同。

二、招标采购商品的经济效用

商品效用取决于它给消费者带来的效用大小，与消费者所获得满足感有直接关系。例如，馒头对饥饿的人效用大，但对一个正在减肥缩食的人效用则小。这种满足感与消费者主观感受有关系，受其主观偏好和支付能力的约束。对一个理性消费者，经济学对其偏好作了如下假设：①完备性假设，即消费者能考虑所有满足需要的商品；②偏好选择具有逻辑上的一致性，即在商品 $X>Y, Y>Z$ 时，一定有 $X>Z$ 的偏好；③偏好无限性，即其对数量多的商品偏好大于其对数量少的商品偏好。一个理性的消费选择行为，指以追求商品效用最大化为目标、以效用最大化的商品作为选择对象和以其购买能力为预算约束的消费选择行为。

经济学中，对于消费者就某一商品 X 的满足程度 $u(X)$ 有 2 种定量刻画理论，即基数效用理论和序数效用理论，分别采用不同的效用假设如下：

基数效用假设 商品效用大小取决于商品消费量，是商品消费量的函数。

基数效用假设的实质是商品效用可以采用数量衡量并加和，即如果两种商品 X, Y 的消费量分别为 x, y，则商品 X, Y 的效用函数分别为 $u(x), u(y)$，且

$$u(\{\lambda X\}\bigcup\{\mu Y\}) = \lambda u(x) + \nu u(y), \tag{2.1}$$

其中，λ, μ 为商品 X 与商品 Y 之间的替代系数，即 λ 个商品 X 的效用等于 μ 个 Y 商品的效用。所以，基数效用理论的实质是假设不同商品之间具有替代关系，进而可以在效用上进行求和。这种假设对可以确定量化指标的因素，如长度、体积、重量、温度等成立。这样，基数效用理论就把确定商品最大效用问题转化为数学上的最优化问题。

序数效用假设 商品效用大小不能定量衡量，只能由顺序或等级，即序数表示。

序数效用假设与基数效用假设相反，即商品效用不能采用数量进行衡量并加和而只能进行优劣比较，即如果两种商品 X, Y 的效用分别为 $u(X), u(Y)$，人们只能确定效用关系

$$u(X)\succeq u(Y) \text{ 或 } u(X)\preceq u(Y) \tag{2.2}$$

而对于商品 X, Y，则记为 $X\preceq Y$ 或是 $X\succeq Y$，这里，符号 $\preceq, \succeq$ 分别表示效用“不劣于”和“不优于”关系。

序数效用理论中，如果商品 X,Y 的效用相同，即 $u(X)=u(Y)$，则称商品 X,Y 在消费者选择上无差异或是等效。假设商品可供选择集合为 Ω，在商品集合 Ω 上引入 ϵ- 无差异集合如下：

$$\Delta^{\epsilon}(\Omega)=\{X\in\Omega|u(X)=\epsilon\}. \tag{2.3}$$

由此，易知 $u^{-1}(\epsilon)=\Delta^{\epsilon}$，即消费者在商品集合 Ω 中的选择实质上是其上子集合的择优选择，这对那些不能简单地用数量刻画的因素，如人员素质、管理能力、专业实力等较有意义。

商品效用一般可由功能、价格以及其他需求，如审美需求、发展需求等决定，其中商品功能一般包括使用条件、使用要求、技术标准、可靠性等，价格需求主要在于消费者购买能力，即预算约束条件。

招标采购商品分为货物、工程和服务三类，其中货物效用，即货物满足人们物质文化生活某种需求的属性，包括货物的基本功能与辅助功能与美观功能，即其使用属性和艺术属性；工程效用，需要根据国民经济的发展、国家和地方中长期规划、产业政策、生产力布局、国内外市场、所在地的内外部条件等，进行投资机会研究，对拟建项目的市场需求状况、建设规模、产品方案、生产工艺、设备选型、工程建设方案、建设条件、投资估算、融资方案、财务和经济效益、环境和社会影响以及可能产生的风险等方面进行全面深入的调查、研究和论证，并通过设计优化，进而依据国家标准、规范和规程完成的建设工程设计图纸确定；而服务效用的核心是服务人的能力，包括其技术素质、组织、管理与协调能力等，其效用选择重点是专业素养和服务能力。

招标采购商品，即货物、服务和施工的效用可以由其功能要求、价格和可靠性等指标进行分析如下：

①货物效用。货物功能由货物技术指标和参数确定；价格一般是市场调节价，即由货物加工生产及运到指定地点的所有费用，包括出厂价、装卸费、运输费、保险费、进口税费和采购保管费等费用；可靠性包括货物可靠性以及货物供给可靠性，即加工生产、运输及保险可靠性等。

②服务效用。服务效用的核心在于服务能力，一般由人员服务能力，即人员数量、素质、业绩和服务环境、设备、设施、方法和组织约束等因素确定；服务价格有政府定价、政府指导价和市场调节价三种，其中工程建设领域服务价格一般执行政府指导价；服务可靠性则包括服务人员可靠性和服务环境、设备、设施、方法和组织对人员约束的可靠性等。这当中，人员可靠性即服务人员的职业素质和道德素养，服务环境、设备、设施、方法可靠性则是保障服务能力的基础性条件。

③施工效用。施工是实现工程功能，组合社会人力、物力和财力，依照工程设计完成工程建设，进而实现工程效用的过程，所以，施工实际上是一种综合服务，具备服务效用的基本特征，其核心在于组织能力和管理能力；施工价格执行市场调节价，由人工费、材料费、机械费、利润、税金、措施费、风险费等所有费用组成；施工可靠性则体现在组织及其人员、设备设施和技术能力，特别是其施工组织和管理能力的可靠性。

由上述分析可以看出，招标采购标的效用因素中，技术指标、价格等可以采用基数效用理论衡量，而其他因素，如人员素质、人员能力、管理能力等大都具有模糊性特点，不能简单地采用定量数学刻画而只能采用序数效用理论衡量，这也决定了招标采购商品的效用分析需要综合应用基数效用和序数效用这两种理论，即以定量数学为分析基础，以序数效用理论为宗旨的效用分析方法。

三、招标采购商品效用的重空间模型

理性消费行为促使消费者以效用最大化作为选择商品原则。对招标采购商品效用分析表明，大多数招标采购商品效用都不能简单地采用定量数学刻画，即便是商品价格，也不能简单地认为价格高的商品效用一定小于价格低的商品效用，例如，商品 X 售价 100 元，商品 Y 售价 99 元，一般不能直接认为商品 X 的效用小于商品 Y，因为商品售价仅是商品效用的一个方面。在预算约束下，需采用可接受价格区间或性价比进行刻画。所以，招标采购商品是在可选商品集中，按 (2.3) 式进行无差异子集合的选择。招标采购货物、服务和施工效用由其功能要求、价格和可靠性等指标确定。为此，我们一般性地建立招标采购商品效用及选择模型如下 ([1])：

商品效用模型 商品 A 的效用由形式向量 $(A_1, A_2, \cdots, A_m)$ 刻画，这里，$A_i, 1 \leq i \leq m$ 为确定商品 A 的某一属性或特征，由形式向量 $(a_{i1}, a_{i2}, \cdots, a_{in(i)})$ 刻画，这里，$n(i)$ 为正整数而 $a_{ij}, 1 \leq j \leq n(i)$ 为确定商品 A 的属性，即 A_i 的属性、特征或参数。

这样，商品 A 的效用实际上是一个 Smarandache 重空间 ([1])，即

$$A = \bigcup_{i=1}^{m} A_i = \bigcup_{i=1}^{m} \left\{ a_{i1} \bigcup a_{i2} \bigcup \cdots \bigcup a_{in(i)} \right\} = \bigcup_{i=1}^{m} \bigcup_{(} j = 1)^{n(i)} a_{ij},$$

或是表示为效用矩阵

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n(1)} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n(2)} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \cdots & a_{mn(m)} \end{bmatrix}$$

招标采购行为的法律约束，实质上是要求评标委员会按照招标文件中载明的评标标准和方法，对 k 个投标结果 $R_1, R, \cdots, R_k$ 按效用进行排序，并确定效用最优的投标为中标结果，即：

商品效用选择模型 给定 k 种商品 $R_1, R_2, \cdots, R_k$ 及每种商品的效用矩阵

$$R_i = \begin{bmatrix} a^i_{11} & a^i_{12} & \cdots & a^i_{1n(1)} \\ a^i_{21} & a^i_{22} & \cdots & a^i_{2n(2)} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ a^i_{m1} & a^i_{m2} & \cdots & a^i_{mn(m)} \end{bmatrix}$$

对商品 $R_1, R, \cdots, R_k$ 按给定的效用矩阵进行排序，并确定效用最优商品，即寻找某一整数 $s, 1 \leq s \leq k$，以使商品效用满足 $u(R_s) \succ u(R_i)$，即 $R_s \succ R_i$，这里，$1 \leq i \leq k$ 且 $i \neq s$。

四、招标采购择优选择理论

4.1 序关系

给定一个集合 S 及其上一个序关系 $\succ$，对任意 $x, y \in S$，如有 $x \succ y$，则称 x 序优于 y，反之，则称 x 劣于 y，记为 $x \prec y$，例如，整数集合上的 $-2 < -1 < 0 < 1 < 2 < 5$ 就是集合的 $\{-2, -1, 0, 1, 2, 5\}$ 上的一种序关系，即大小关系，而如 $\{a\} \subset \{a, b\} \subset \{a, b, c\}$ 则是集合 $\{a, b, c\}$ 上子集的一种序关系，即包含关系。如果一个集合 S 上的元满足以下三个条件：

(1) $x \succeq x$ 对任意 $x \in S$ 成立；

(2) $x \prec y \Leftrightarrow y \succ x$ 对任意 $x, y \in S$ 成立；

(3) $x \prec y, y \prec z \Leftrightarrow x \prec z$ 对任意 $x, y, z \in S$ 成立。

则称 S 为一个偏序集。一个偏序集上，如果其上任意两个元均可以进行序比较，则称为全序集。一般地，我们可以证明下面这个结论：

定理 1 给定一个重集合

$$A=\bigcup_{i=1}^{m}A_i,$$

若集合 $\{A_1,A_2,\cdots,A_m\}$ 是偏序集，且集合 R_k 的形式向量为 $(A_1^k,A_2^k,\cdots,A_m^k)$，这里，$1\le k\le n$，则 $\{R_1,R_2,\cdots,R_n\}$ 上存在一种序关系使其为偏序集。

证明 我们在集合 $\{R_1,R_2,\cdots,R_n\}$ 上定义序关系 $\succ$ 如下：

首先，对任意整数 $k\neq l,1\le k,l\le n$，如果 $A_1^k\succ A_1^l$，定义 $R_k\succ R_l$；其次，如果 $A_1^k=A_1^l,\cdots,A_s^k=A_s^l$ 但 $A_(s+1)^k\succ A_(s+1)^l$ 则定义 $R_k\succ R_l$。

我们证明这样定义的序关系使得集合 $\{R_1,R_2,\cdots,R_n\}$ 为一个偏序集，即满足偏序集公理。由序关系 $\succ$ 的定义，我们仅需证明，如 $R_k\succ R_l$ 且 $R_l\succ R_s$，则有 $R_k\succ R_s$ 成立。实际上，根据定义，此时有 $A_i\succ A_j$ 和 $A_j\succ A_l$。由于 $\{A_1,A_2,\cdots,A_m\}$ 是偏序集，此时一定有 $A_i\succ A_l$，同时，存在整数 t,t' 使得

$A_1^k=A_1^l,\cdots,A_t^k=A_t^l$ 但 $A_{t+1}^k\succ A_{t+1}^l$，

$A_1^l=A_1^s,\cdots,A_t'^l=A_{t'}^s$ 但 $A_{t'+1}^l\succ A_{t'+1}^s$。

现在，如果 $t>t'$，则易知 $A_1^l=A_1^s,\cdots,A_{t'}^l=A_{t'}^s$ 但 $A_{t'+1}^l\succ A_{t'+1}^s$，故有 $A_{t'+1}^k\succ A_{t'+1}^s$；如果 $t=t'$，则易知 $A_1^k=A_1^l,\cdots,A_t^k=A_t^l$ 但 $A_(t+1)^k\succ A_(t+1)^s$；类似地，如果 $t<t'$，则易知 $A_1^l=A_1^s,\cdots,A_t^l=A_t^s$ 但 $A_(t+1)^l\succ A_(t+1)^s$，故亦有 $A_(t+1)^k\succ A_(t+1)^s$。综上即知有 $R_k\succ R_s$ 成立。 □

注意，招标采购商品的特征数有限，同时投标人数也有限，所以上述定理中的 m,n 均为有限整数。代数学中有这样的结论，即在有限偏序集中一定存在极大元。特别地，在有限全序集上一定存在最大元。这样，由定理 1，我们由如下结论。

定理 2 给定一个重集合 A 如定理 4.1。若集合 $\{A_1,A_2,\cdots,A_m\}$ 是全序集，则由 $\{A_1,A_2,\cdots,A_m\}$ 上的序关系可知 $\{R_1,R_2,\cdots,R_n\}$ 上一定存在最大元。

4.2 效用函数

确定商品效用的形式向量 $(A_1,A_2,\cdots,A_m)$ 中各特征的序关系，例如 $A_1\succ A_2\succ\cdots\succ A_m$，以及确定 $A_i,1\le i\le m$ 的形式向量 $(a_{i1},a_{i2},\cdots,a_{in(i)}\}$ 中各指标的序关系，例如 $a_{i1}\succ a_{i2}\succ\cdots\succ a_{in(i)}$ 等，是择优选择商品的基础。当采用函数 $A_i\rightarrow R$ 刻画商品效用时，序关系由实数集 R 上的序关系按定理 2 直接获得，这也是实践中消费者喜好采用数值函数刻画商品效用的原因。需引以注意的是，效用具有边际效用，即消费者在一定时间内增加单位商品消费所获得的效用增量 $\Delta(f(\Omega))/\Delta\Omega$ 是

递减的。如果商品量和商品效用为连续变量且 2 次可微，则边际效用递减规律蕴含着其 2 阶导数 $\frac{d^2f(\Omega)}{d\Omega^2}) < 0$ 的数学条件，即效用函数 $f(\Omega)$ 数是非线性函数，且其 2 阶导数小于 0。

经济领域存在大量不宜采用函数值刻画的因素，如能力、实力、素质等，此时一般采用经验决策、优选决策和专家决策等方法确定因素或特征的优劣关系。这里，经验决策的前提是已有因素使用数据的统计分析，包括其指标数值统计、故障、改进办法及结果分析等，优选决策是采用最少试验次数选择最优方案的一种方法，而专家决策则是依据专家个人学识和经验，由一个或数个专家决策的方法。例如，假设有 n 个因素 $A_1, A_2, \cdots, A_n$ 进行排序，设计一个行和列均采用因素 $A_1, A_2, \cdots, A_n$ 标记的 $n \times n$ 优选矩阵 ([4]) $[a_{ij}]_{n\times n}$，这里，$a_{ij}, 1 \leq i, j \leq n$ 为 A_i, A_j 间关系的决策真值，即 $A_i \succ A_j$ 时 $a_{ij} = 1$；反之，$A_i \prec A_j$ 时 $a_{ij} = 0$。假设 m 个专家完成的优选矩阵 $[M_1], [M_2], \cdots, [M_m]$ 然后进行汇总。设每个专家的赋权值为 $p_1, p_2, \cdots, p_m \leq 1$，计算矩阵和 $[b_{ij}]_{n\times n} = p_1[M_1] + p_2[M_2] + \cdots + p_n[M_n]$ 与 $n(A_i) = \sum_{j=1}^{n} b_{ij}$，最后依据 $n(A_i), 1 \leq i \leq n$ 的大小进行因素排序。

4.3 无差异集合

序数效用理论认为具有同一效用的商品构成一个空间点集，即 (2.3) 式，所以，仅依赖效用函数计算数值确定商品排序，与实际消费行为有一定差异。例如，消费者看中了商品 X 和商品 Y，商品 X 的价格为 99 元，商品 Y 的价格为 100 元。单纯以价格决定效用，则商品 X 的效用优于商品 Y。但实践中为什么会出现消费者喜好商品 Y，因为消费者偏好商品 Y 的外形而不计较多支付的 1 元钱。所以，单纯以数学计算数值确定商品效用太机械。

一般地，无差异集合构成欧氏空间的一束 n 维流形（一种无界、紧致的拓扑空间，其每个点均存在一个局部邻域同胚于 n 维欧氏空间），例如 2- 维欧氏空间的直线束，3- 维空间的平面束等。招标采购分析商品效用时，因为商品供给和因素有限，不需借助微分几何等分析数学工具进行 n 维流形分析，而可以简单化，即从消费者喜好出发，针对单一因素，特别是那些可以采用数值函数 $f(\Omega)$ 刻画的因素确定其无差异集合，即认为满足 $\|f(A) - f(B)\| \leq C$ 的商品 A, B 无差异，这里 C 是消费选择时确定的差异常数，例如，商品价格差异在 0.8 万元以内的商品视为无差异，则当商品 A 和 B 其他条件均满足消费选择，单是 A 的价格为 99.8 万元，B 的价格为 100 万元时，商品 A、B 的效用就应相同，即 $u(A) = u(B)$。从几何上看，这种无差异集合实际上是以 $f(A)$ 为中心，C 为半径的空间球体。

五、例子

以下举几个考虑商品效用的招标采购例子。

例 1 某工程建设项目设计招标，包括方案设计、初步设计和施工图设计，评标考虑报价、设计方案、能力与可靠性三个因素，且设计方案 $\succ$ 能力与可靠性。其中，①报价，规定投标报价须符合国家规定的设计收费标准，否则予以否决；②设计方案 K，对其平面布局、功能划分、环境、节能设计等进行综合比较，按百分制打分；③能力与可靠性 L，由拟派人员、设计环境等条件，按照 $L = L_1 \times L_2 \times L_3$ 计算，其中 L_1 为人员数量参数，规定专业齐全，人数 15 以上的 1.5，8-14 人的 1.0，7 人以下的 0.5；L_2 为人员履历参数，规定拟派人员有业绩的 $L_2 = 1.2$，每出现 1 个无业绩的，加乘系数 0.9；L_3 为能力可靠参数，规定拟派人员无不良履历的 1.0，每出现 1 个有不良履历的，加乘 0.8，每有一个获得过行业奖项的，加乘 1.2。最后，计算投标人综合分值 $T = K \times L$，并规定 $|T_1 - T_2| \leq 20$ 的投标序相同，按设计方案得分的高低进行排序。如综合分值相同，则按报价由低到高排序。

本项目有 A、B、C、D 计四个投标人，经评审，四个投标人报价均在国家规定的收费标准范围内，设计方案得分依次为 90，92，84，79，能力与可靠性依次为 1.94,1.8,1.8 和 1.44。最终，A、B、C、D 综合得分 T 依次为 174.6，165.61，151.2 和 113.76。注意，A 与 B，B 与 C 的最终分值差在 20 以内，故序相同，但 B 设计方案优于 A，A 的设计方案优于 C，故最终排序结果为 B 的投标 $\succ$ A 的投标 $\succ$C 的投标 $\succ$D 的投标。这样，应依次推荐 B、A、C 为第一、第二和第三中标候选人。

招标采购商品一般采用采用性价比作为确定投标优劣的效用选择函数。

例 2 某机电设备招标采用性价比法进行评审，即采用 $N = K \times (B/C) \times 100$ 计算投标人得分，这里，K 为可靠性系数，由设备可靠性加乘其供货可靠性系数而得，其中供货可靠性由供货方案、人员及售后服务等，按百分制打分后除以 100；B 为投标价，C 为设备使用月数。规定 $|N_A - N_B| \leq 5$ 的两个投标人序相同，此时按报价得分由低到高排序。投标人 1、2、3、4 参加了投标。经评审的投标结果见表 1。

投标人	1	2	3	4
可靠性	0.9	0.85	0.92	0.8
月数	50	54	48	52
投标报价（万元）	36	38	32	34

表 1

投标人 1、2、3、4 的 N 值计算结果依次为 64.8，59.81，61.33,52.31。注意，投标人 1 和 3 的分值、投标人 2 和 3 的分值差小于 5，故最终排序结果为 3 的投标 $\succ$ 1 的投标 $\succ$2 的投标 $\succ$4 的投标。这样，应依次推荐的中标候选人为投标人 3、投标人 1 和投标人 2。

实践中，还可按主因素选择。假设商品因素次序为 $A_1 \succ A_2 \succ \cdots \succ A_n$，对任意整数 $i, 1 \leq i \leq n$ 规定两个投标对应 A_i 和 A_j 的差在一定范围内时，以 A_i 因素的优劣确定排序。

例 3 某施工招标项目，评标采用投标价、施工组织能力与可靠性 2 个因素，序关系为投标价 $\succ$ 施工组织能力与可靠性。①投标价，对通过初审且不低于成本的投标价由低到高排序；②施工组织能力与可靠性，对通过初审的投标，按 $n^K = K_1 K_2 \times B$ 计算，这里，B 为施工组织设计得分；K_1 为人员能力可靠性，按 $K_1 = L_1 \times L_2 \times L_3$ 计算，其中 L_1 为现场管理人员数量参数，规定拟派人员专业齐全，人数 12 以上的 1.5，6-11 人的 1.0，5 人以下的 0.5；L_2 为人员履历参数，规定拟派人员有上岗证，有对应业绩的 1.0，每出现一个无上岗证或无业绩的，加乘 0.9；L_3 为人员能力可靠性参数，规定拟派人员无不良履历的 1.0，每出现 1 个有不良履历的，加乘 0.9，每出现一个获得过相关专业奖的，加乘 1.1；K_2 为塔吊、混凝土输送泵等设备可靠性，由其平均设备完好率确定，且 $\left|n_1^K - n_2^K\right| \leq 10$ 时，按“低价优先”原则排序。

该项目六个投标人 1、2、3、4、5、6 均通过了初步评审，其投标价依次为 2580 万元、2450 万元、2545 万元、2410 万元、2510 万元、2560 万元，均不低于其成本；n^K 计算值依次为 158.24、154.8、151.36、146.2、141.04、134.16。注意，投标人 1、2、3，2、3、4，以及 5、6 的 n^K 值序相同，故最终排序为：2 的投标 $\succ$4 的投标 $\succ$3 的投标 $\succ$1 的投标 $\succ$5 的投标 $\succ$6 的投标。这样，应依次推荐的中标候选人为投标人 2、投标人 4 和投标人 3。

六、进一步讨论

商品效用最大化是采购的择优宗旨，也是招标采购活动须遵从的经济规律。

①实现招标采购商品效用最大化的首要问题，是确定工程、货物和服务商品效用的判别准则和方法。但商品效用与招标人偏好有关，确定其统一效用数值是一件难事，但从效用出发，确定同类商品间效用的优劣则是一件容易的事。本文给出的例子，即是在无法确定商品效用值条件下，近似刻画招标采购商品效用，并据此确定投标结果优劣的方法。

②《招标投标法》第四十一条实际上明确了中标原则，即综合评估最优或经评审的投标价最低。这当中，经评审的最低投标价法属于用最少的花费实现商品效用。但实践中一些对评标因素 $A_1, A_2, \cdots, A_n$ 进行打分求和，并据此按得分由高到低排序的方法，不是追求商品效用最大化，因为这里的分值与商品效用并无直接关系，这是需引以重视的一个问题。

③招标采购不过是为采购商品而进行的交易，这当中，对实物商品，如机电设备、预制构件、建筑材料等货物，较易于确定其效用，但对非实物类，即需要中标人诚信履约才能实现其效用的采购，其核心问题不在于不清楚商品效用，例如施工、勘察设计、监理等，而在于如何对其服务能力进行评价。多年来，评价企业、人员等服务能力，一直没有有效方法，造成招标采购过程中，对投标人组织、人员服务能力及其可靠性简单的采用评标专家打分判断优劣，并没能真实反映投标人实力。所以，建立机构、人员能力评价模型，研究评价的手段和方法，是规范招标采购行为，进而实现招标采购经济宗旨的一项重要基础性工作。

参考文献

[1] 毛林繁，*Smarandache Multi-Space Theory*[M]，第 1 版：Phoenix: Hexis, 2006；第 2 版：美国数学研究生教程，Columbus: The Education Publisher Inc., USA, 2011。

[2] 毛林繁, 工程建设项目招标采购理论与实践[M], Rehoboth: American Research Press, USA, 2007。

[3] 毛林繁, 从经济学出发，构建招标采购理论体系 [N], 政府采购信息报，2012-02-17。

[4] 毛林繁, 招标采购行为约束理论分析 [J], 招标与投标，2013 年第 1 期。

[5] 毛林繁、李帅锋，招标投标法条文辨析及案例分析[M]，北京: 中国建筑工业出版社，2013.

招标评价体系的数学模型及求解分析 [1]

摘要. 招标是招标人发出邀约邀请, 投标人依据邀请递交邀约, 招标人发出中标通知书承诺邀约的一种合同谈判过程。招标作为采购的一种方式, 世界性金融组织和工程咨询协会均在其采购指南中对招标采购的行为准则进行了详细规定, 中国更是将这种市场采购行为上升到了法律, 形成了庞大的中国招标投标法律法规体系。虽如此, 对招标投标模型及其评价体系的研究一直处在初级阶段, 缺乏统一的理论体系。本文的主要目的在于依据作者新近在美国出版的两本专著 [7], [8], 建立招标评价体系的 Smarandache 重空间模型, 并采用多目标决策方法和价值工程理论对其进行求解分析, 建立起这种可应用于招标投标实践的数学理论。文章最后对中国内地目前通行的评价体系进行了讨论, 指出了其存在的问题及解决途径。

关健词：招标，投标，评标，*Smarandache*重空间，中标条件，多目标决策，单目标决策，伪综合评价。

Abstract. A bidding is a negotiating process for a contract through by a tenderer issuing an invitation, bidders submitting bidding documents and the tenderer accepting a bidding by sending out a notification of award. As a useful way of purchasing, there are many norms and rulers for it in the purchasing guides of the World Bank, the Asian Development Bank, $\cdots$, also in contract conditions of various consultant associations. In China, there is a law and regulation system for bidding. However, few works on the mathematical model of biding and its evaluation can be found in publication. The main purpose of this paper is to construct a Smarandache multi-space model for biding, establish an evaluation system for bidding based on those ideas in the references [7], [8] and analyze its solution by applying the decision approach for multiple objectives and value engineering. Open problems are also presented in the final section of this paper.

Key Words: Tendering, bidding, evaluation, Smarandache multi-space, condition of successful bidding, decision of multiple objectives, decision of simply objective, pseudo-multiple evaluation, pseudo-multi-space.

分类号: F22.

---

[1]中国科技论文在线，200607-112

1. 引言

招标是市场经济中的一种行之有效的采购方式。依据《中华人民共和国合同法》（第九届全国人民代表大会，1999 年 3 月 15 日）中的规定，招标实际上是招标人通过招标公告或投标邀请书发出单方邀约邀请，投标人依据邀请递交投标函邀约，招标人发出中标通知书承诺邀约的一种民事活动。活动过程本身构成了一种合同谈判的过程。通过这种方式确定的合同，其合同成立与合同生效有一定的时间差，即招标人向中标人发出中标通知书意味着合同成立，但只有双方依法签订了书面合同后才表明合同生效。

《中华人民共和国招标投标法》（第九届全国人民代表大会，1999 年 8 月 30 日）中规定了招标投标程序及参与招标投标活动的招标人、投标人、评标委员会和招标投标行政监督管理部门各方的责任、权利与义务，其中招标人是提出依法招标项目，制定招标规则的一方；投标人则是依据招标规则响应投标的一方，其与招标规则的符合性则由依法组建的第三方评标委员会来评判。虽然法律规定评标委员会由招标人依法组建，但其行为不依赖于招标人，同时规定任何单位和个人不得非法干预、影响评标的过程和结果，是相对独立的第三方。上述三方在招标投标活动中的行为应符合法律规定，接受有关行政监督管理部门依法实施的监督。

中国招标投标法律体系规定的招标投标可以采用空间正四面体，如图 3.4.1 对各方行为进行形象描述。

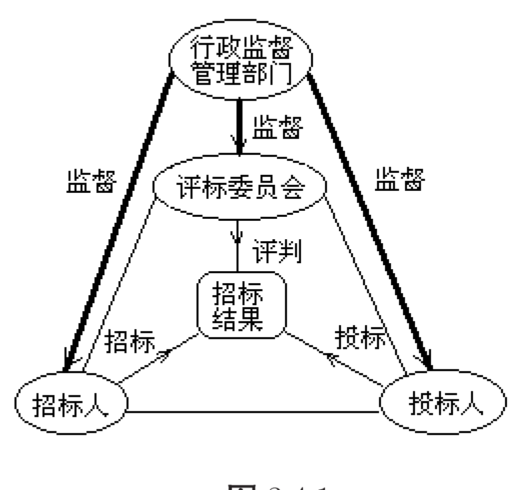


图 3.4.1

《中华人民共和国招标投标法》第四十一条规定了中标人应当符合下述条件之一：

（1）能够最大限度地满足招标文件中规定的各项综合评价标准；

(2) 能够满足招标文件的实质性要求，并且经评审的投标价格最低；但是投标价格低于成本价的除外。

这里的条件 (1) 和 (2) 实际上就是常见到的 "综合评估法" 和 "经评审的最低评标价法"。这一条同时也预示着在中国国内实行的招标体制是一种多目标体制，不单纯考虑价格因素，同时还考虑技术装备、实力、人员状况、和方案的优劣等因素。然而，目前常见到的评标方法则将其简单化，不去考虑多目标决策的科学方法和应该考虑的问题，如综合评估法实际上让百分制打分取代，而经评审的最低评标价法则为简单的最低投标价法取代。且不论这种多目标体制下不同目标之间是否存在价值可比性，单就目前投标人和评标专家专业素质在投标或评判中就存在许多问题，直接造成项目中标成本失真或中标结果失真。那么，如何在法律界定的条件下建立一种科学的评价体系就成了当务之急。本文的主要目的在于依据作者新近在美国出版的专著 [7] 中 Smardanche 重空间理论和 [8] 中的招标数学模型，采用多目标决策和价值工程理论，建立一种统一的招标评价体系的数学模型，并进行理论分析和实践对比，以期寻求一种科学的招标评价体系，进而满足实际招标及管理的需要。

本文中有关重空间的术语见文献 [7]，其它规划、决策和图论方面的术语见 [1]-[3] 和 [6]，中国招标投标法律法规方面的术语见文献 [8]。

2. 招标投标的数学模型

依据其提出的 "反思维"、"悖论" 思想，Smarandache 于 1969 年提出了重空间的概念 ([9]-[12])，这一概念包括代数重空间和重度量空间两种，后者包括目前国际上广为传播的 Smarandache 几何 ([5]-[6])，可以直接应用于广义相对论和宇宙物理学 ([7])。而作为重度量空间的一个实际应用，它又恰好可用来构造招标评价体系的数学模型。

定义 2.1 一个 m- 重空间 $\sum$，定义为 m 个集合 $A_1, A_2, \cdots, A_m$ 的并，这里 $1 \leq m < +\infty$,

$$\sum = \bigcup_{i=1}^{m} A_i$$

且每个集合 A_i 上均定义了一种运算或规则 $\circ_i$ 使得 $(A_i, \circ_i)$ 为一个代数体系，这里 n 为正整数，$1 \leq i \leq m$。

注意，若 $i \neq j, 1 \leq i, j \leq m$，这里并不一定要求 $A_i \bigcap A_j = \emptyset$，与招标项目的特点正好对应。据此可以对一个招标项目构造 Smarandache 重空间模型如下。

假定一个招标项目 $\widetilde{A}$ 中设置了 m 个评价项目 $A_1, A_2, \cdots, A_m$，每个评价项目

A_i 中又设置了 n_i 个评审指标 $a_{i1}, a_{i2}, \cdots, a_{in_i}$，这里，$1 \leq i \leq m$。采用数学表述，这个招标项目为

$$\widetilde{A} = \bigcup_{i=1}^{m} A_i,$$

其中，对任意整数 $i, 1 \leq i \leq m$,

$$(A_i, \circ_i) = \{a_{i1}, a_{i2}, \cdots, a_{in_i} | \circ_i\}$$

为一种代数体系。注意，除 $A_i \subseteq \widetilde{A}$ 和 $a_{ij} \in A_i$ 外，我们并没有规定出招标项目 $\widetilde{A}$ 以及评标指标 a_{ij} 与 $A_i, 1 \leq i \leq m$ 的关系。

现在假定该项目有 $k, k \geq 3$ 个投标人 $R_1, R_2, \cdots, R_k$ 参加了投标，投标人 $R_j, 1 \leq j \leq k$ 的投标情况是

$$R_j(\widetilde{A}) = R_j \begin{pmatrix} A_1 \\ A_2 \\ \cdots \\ A_m \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} R_j(A_1) \\ R_j(A_2) \\ \cdots \\ R_j(A_m) \end{pmatrix}$$

. 《中华人民共和国招标投标法》及其相关法规规定的确定中标人方法实质上需要依据投标人 $R_1, R_2, \cdots, R_k$ 的投标 $R_1(\widetilde{A}), R_2(\widetilde{A}), \cdots, R_k(\widetilde{A})$ 最终确定出角标 $i_1, i_2, \cdots, i_k$，这里 $\{i_1, i_2, \cdots, i_k\} = \{1, 2, \cdots, k\}$，使得其投标存在排序

$$R_{i_1}(\widetilde{A}) \succ R_{i_2}(\widetilde{A}) \succ \cdots \succ R_{i_k}(\widetilde{A}),$$

而 R_{i_1}, R_{i_2} 和 R_{i_3} 就是中国法律法规确定的依次推荐的中标候选人。

定义 2.2 整数集 $\{1, 2, \cdots, m\}$ 上的全体置换 S_n 依据以下原则进行的排序称为字典排序：

(i) 对任意置换 $P \in S_n$，$(1, 0 \cdots, 0) \succeq P$；

(ii) 若整数 $s_1, s_2, \cdots, s_h \in \{1, 2, \cdots, m\}, 1 \leq h \leq m$，置换 $(s_1, s_2, \cdots, s_h, t, \cdots)$，$(s_1, s_2, \cdots, s_h, l, \cdots) \in S_n$，则

$$(s_1, s_2, \cdots, s_h, t, \cdots) \succ (s_1, s_2, \cdots, s_h, l, \cdots)$$

当且仅当 $t < l$。若 $\{x_{\sigma_i}\}_1^n$ 是一个序列，这里 $\sigma_1 \succ \sigma_2 \succ \cdots \succ \sigma_n$ 且 $\sigma_i \in S_n$，则称序列 $\{x_{\sigma_i}\}_1^n$ 为一个字典排序序列。

若 $x_\sigma \succ x_\tau$，则称 x_σ 序优于 x_τ；若 $x_\sigma \succeq x_\tau$，则称 x_σ 序不劣于 x_τ。又若 $x_\sigma \succeq x_\tau$ 且 $x_\tau \succeq x_\sigma$，我们称 x_σ 与 x_τ 同序。

我们得到下面这个关于招标结果排序的一般性结果。

定理 2.1 设集合 $O_1, O_2, O_3\cdots$ 为全序集, 若对任意整数 $j, 1\le j\le k$, $R_j(\widetilde{A})\in O_1\times O_2\times O_3\times\cdots$, 则存在角标 $1,2,\cdots,k$ 的一种排序方法 $i_1,i_2,\cdots,i_k$ 使得

$$R_{i_1}(\widetilde{A})\succeq R_{i_2}(\widetilde{A})\succeq\cdots\succeq R_{i_k}(\widetilde{A}).$$

证明 依据假设, 对任意整数 $j, 1\le j\le k$,

$$R_j(\widetilde{A})\in O_1\times O_2\times O_3\times\cdots,$$

故 $R_j(\widetilde{A})$ 可以表示成

$$R_j(\widetilde{A})=(x_{j1},x_{j2},x_{j3},\cdots),$$

这里 $x_{jt}\in O_t, t\ge 1$。定义集合

$$S_t=\{x_{jt};1\le j\le m\},$$

则有 $S_t\subseteq O_t$ 为有限集合。因为 O_t 为全序集, 故 S_t 中的元存在排序, 不失普遍性设其为

$$x_{1t}\succeq x_{2t}\succeq\cdots\succeq x_{mt},$$

则可以采用字典排序的方法对 $R_{i_1}(\widetilde{A}),R_{i_2}(\widetilde{A}),\cdots,R_{i_k}(\widetilde{A})$ 进行排序, 最后得到角标 $i_1,i_2,\cdots,i_k$, 使得

$$R_{i_1}(\widetilde{A})\succeq R_{i_2}(\widetilde{A})\succeq\cdots\succeq R_{i_k}(\widetilde{A}).\ \natural$$

若取定理 2.1 中 $O_i, i\ge 1$ 为具有全序的函数集合, 特别地, $O_1=\{f\}, f: A_i\to R, 1\le i\le m$ 为单调函数, 且若 $t\ge 2$, $O_t=\emptyset$, 则由定理 2.1 知

定理 2.2 设 $R_j: A_i\to R, 1\le i\le m, 1\le j\le k$ 为单调函数, 则存在角标 $1,2,\cdots,k$ 的一种排序方法 $i_1,i_2,\cdots,i_k$ 使得

$$R_{i_1}(\widetilde{A})\succeq R_{i_2}(\widetilde{A})\succeq\cdots\succeq R_{i_k}(\widetilde{A}).$$

特别地, 定理 2.2 有如下推论。

推论 2.1 若对任意整数 $i,j, 1\le i\le m, 1\le j\le k$, 有 $R_j(A_i)\in R\times R\times R\times\cdots$, 则存在角标 $1,2,\cdots,k$ 的一种排序方法 $i_1,i_2,\cdots,i_k$ 使得

$$R_{i_1}(\widetilde{A})\succeq R_{i_2}(\widetilde{A})\succeq\cdots\succeq R_{i_k}(\widetilde{A}).$$

注意在上述排序中，若依据实际情况进一步约定 $R_{i_s} \approx R_{i_l}, s \neq l$ 时的排序方法，则我们就可以得到满足中国法律法规要求的排序

$$R_{i_1}(\widetilde{A}) \succ R_{i_2}(\widetilde{A}) \succ \cdots \succ R_{i_k}(\widetilde{A}),$$

从而依法推荐出中标候选人。

3. 招标评价体系的数学模拟

在上一节招标投标数学模型基础上建立招标评价体系需要解决以下两个问题：

问题 1：对任意整数 $i, j, 1 \leq i, j \leq m$，怎样依据投标人 R_j 在指标 $a_{i1}, a_{i2}, \cdots, a_{in_i}$ 中的投标确定 $R_j(A_i)$?

问题 2：对任意整数 $j, 1 \leq j \leq m$，怎样依据向量 $(R_j(A_1), R_j(A_2), \cdots, R_j(A_m))^t$ 判断 $R_j(\widetilde{A})$?

对以上两个问题的不同认识，带来招标评价体系不同的数学模拟方法。

3.1. 多目标决策体系

这种体系的数学出发点是认为问题 2 中的 $R_j(A_1), R_j(A_2), \cdots, R_j(A_m)$ 相互独立，不能采用统一的价值工程进行对比。基于招标不单纯是要一个好的价格，同时要求中标人有良好的技术素质、业绩和管理实力，这也是《中华人民共和国招标投标法》第四十一条中标条件所追求的。

依据上一节定理 2.1–2.2 及其推论，我们可以一般性地建立招标项目 $\widetilde{A} = \bigcup\limits_{i=1}^{m} A_i$ 的每个评价项目 $A_i, 1 \leq i \leq m$ 的数学排序方法，进而决定全部投标 $R_1(\widetilde{A}), R_2(\widetilde{A}), \cdots, R_k(\widetilde{A})$ 的排序，其确定步骤如下：

第 1 步： 确定评价项目 $A_1, A_2, \cdots, A_m$ 的排序结果，例如 $m = 5$ 时，$A_1 \succ A_2 \approx A_3 \succ A_4 \approx A_5$ 就是评价项目 A_1, A_2, A_3, A_4, A_5 的一种排序结果。

第 2 步： 对两个不同的投标 $R_{j_1}(A_i), R_{j_2}(A_i), j_1 \neq j_2, 1 \leq i \leq m$，确定 $R_{j_1}(A_i) \approx A_{j_2}(A_2)$ 的条件。设 A_1 代表投标报价，例如规定如 $|R_{j_1}(A) - R_{j_2}(A_1)| \leq 100$ 万元人民币，则 $R_{j_1}(A_1) \approx R_{j_2}(A_1)$。

第 3 步：对任意整数 $i, 1 \leq i \leq m$，确定 $R_1(A_i), R_2(A_i), \cdots, R_k(A_i)$ 的排序结果。例如对技术标采用专家评议，对投标报价采用由低到高确定排序等。

第 4 步：按字典排序法确定 $R_1(\widetilde{A}), R_2(\widetilde{A}), \cdots, R_k(\widetilde{A})$ 的排序。注意须确定出现同序情况 $R_{j_1}(\widetilde{A}) \approx R_{j_2}(\widetilde{A})$ 时的排序方法，例如依据“投标报价少者优先”的原

则进行排序，最后得到 $R_1(\widetilde{A}),R_2(\widetilde{A}),\cdots,R_k(\widetilde{A})$ 的严格意义上的排序结果

$$R_{i_1}(\widetilde{A})\succ R_{i_2}(\widetilde{A})\succ\cdots\succ R_{i_k}(\widetilde{A}).$$

注意，以上程序中均可以采用定义权函数 $\omega(\widetilde{A})=H(\omega(A_1),\omega(A_2),\cdots,\omega(A_m))$ 和 $\omega(A_i)=F(\omega(a_{i1}),\omega(a_{i2}),\cdots,\omega(a_{in_i}))$ 的方法来决定整体或分项排序。关于权函数的构造详见下一节。

定理 3.1 对于一个招标项目 $\widetilde{A}$，上述程序可以得到投标人的严格排序。

证明 假设有 k 各投标人参加投标，则由字典排序法我们得到排序

$$R_{i_1}(\widetilde{A})\succeq R_{i_2}(\widetilde{A})\succeq\cdots\succeq R_{i_k}(\widetilde{A}).$$

再利用出现同序情况 $R_{j_1}(\widetilde{A})\approx R_{j_2}(\widetilde{A})$ 时的排序方法，我们最终得到严格排序

$$R_{i_1}(\widetilde{A})\succ R_{i_2}(\widetilde{A})\succ\cdots\succ R_{i_k}(\widetilde{A}).\ \natural$$

例 3.1 某个工程施工招标项目确定了三个评价项目，依次为 A_1 = 投标报价；A_2 = 技术方案；A_3 = 投标人近三年类似项目业绩，其序关系为 $A_1\succ A_3\succ A_2$。规定当 $|R_{j_1}(A_1)-R_{j_2}(A_1)|\leq 150$、$R_{j_1}(A_2)$ 与 $R_{j_2}(A_2)$ 档次相同和 $R_{j_1}(A_3)$ 与 $R_{j_2}(A_3)$ 的面积数差不大于 $40000m^2$ 时 $R_{j_1}(A_i)\approx R_{j_2}(A_i),1\leq i\leq 3$，同时还规定投标报价排序由低到高，技术方案排序由评标专家依据档次确定和近三年类似项目业绩以面积数多少进行排序，以及同序投标最终排序以“价低优先”的原则进行排序。

该项目共有 4 个投标人 R_1,R_2,R_3,R_4 参加了投标，其投标报价如下表 1。

投标人	R_1	R_2	R_3	R_4
A_1(万元)	3526	3166	3280	3486

表 1

这样，依据上面制定的规则，对 A_1 投标结果的排序为

$$R_2(A_1)\approx R_3(A_1)\succ R_4(A_1)\approx R_1(A_1).$$

评标委员会对 A_2 的评审结果为 $R_3(A_2)\approx R_2(A_2)\succ R_1(A_2)\succ R_4(A_2)$，同时发现其对评审项目 A_3 的投标结果如下表 2。

投标人	R_1	R_2	R_3	R_4
$A_3(m^2)$	250806	210208	290108	300105

表 2

故其排序结果为

$$R_4(A_3) \approx R_3(A_3) \succ R_1(A_3) \approx R_2(A_3).$$

这样，依据字典排序的原则最后排序结果为

$$R_3(\widetilde{A}) \succ R_2(\widetilde{A}) \succ R_4(\widetilde{A}) \succ R_1(\widetilde{A}).$$

假设评价项目的序关系为 $A_1 \succ A_2 \succ \cdots \succ A_m$，则这种多目标评价体系还可以采用图上作业法确定排序。采用图论中的术语，确定最终排序的实质等同于在如下定义的图 $G[\widetilde{A}]$ 中确定一条通过所有投标人 $R_1, R_2, \cdots, R_k$ 的有向路，而这对于投标人数不多的情形是十分便利的。

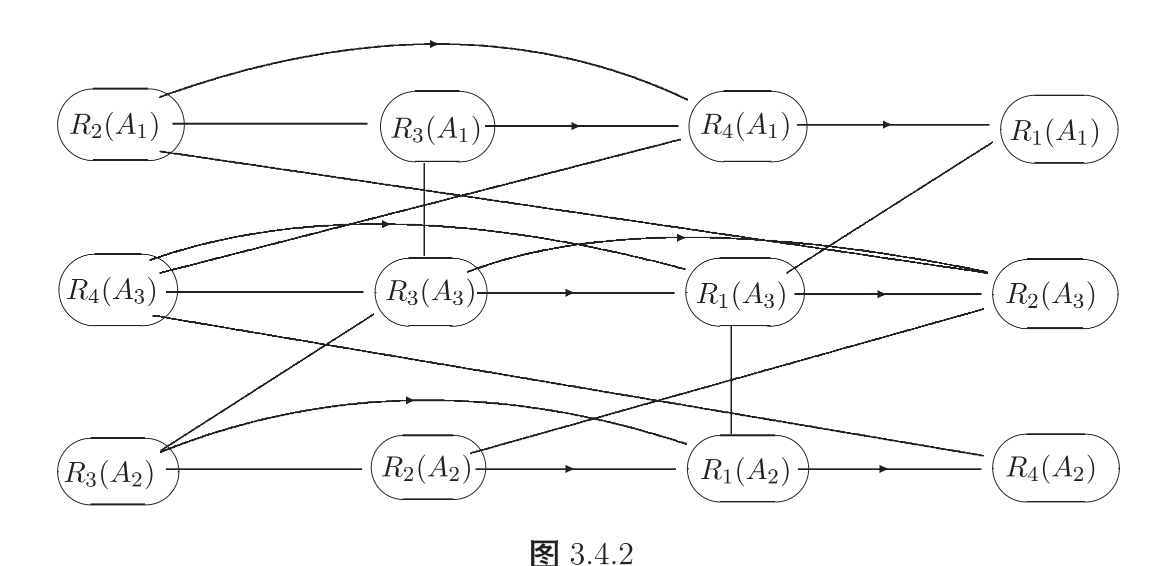


图 3.4.2

定义 3.1 对一个有 k 个投标人 $R_1, R_2, \cdots, R_k$ 参加投标的招标项目 $\widetilde{A} = \bigcup\limits_{i=1}^{m} A_i$，定义一个图 $G[\widetilde{A}]$ 如下：

$V(G[\widetilde{A}]) = \{R_1, R_2, \cdots, R_k\} \times \{A_1, A_2, \cdots, A_m\}$，

$E(G[\widetilde{A}]) = E_1 \bigcup E_2 \bigcup E_3$，

其中 E_1 由所有有向边 $(R_{j_1}(A_i), R_{j_2}(A_i))$ 构成，这里 $1 \leq i \leq m, 1 \leq j_1, j_2 \leq k$ 且 $R_{j_1}(A_i) \succ R_{j_2}(A_i)$ 为相邻序，注意若 $R_s(A_i) \approx R_l(A_i) \succ R_j(A_i)$，则同时 $R_s(A_i) \succ$

$R_j(A_i)$ 和 $R_l(A_i) \succ R_j(A_i)$；E_2, E_3 均为无向边，其中 E_2 由边 $R_{j_1}(A_i)R_{j_2}(A_i), 1 \leq i \leq m, 1 \leq j_1, j_2 \leq k$ 构成，这里 $R_{j_1}(A_i) \approx R_{j_2}(A_i)$; $E_3 = \{R_j(A_i)R_j(A_{i+1}) | 1 \leq i \leq m-1, 1 \leq j \leq k\}$。

举例来说，例 3.1 对应的有向图见图 3.4.2。现在，我们需要在图 3.4.2 中确定一条由 $R_2(A_1)$ 或 $R_3(A_1)$ 为起点，经过所有投标人的有向路。依据字典排序，我们应由 $R_3(A_1)$ 出发，经过 A_2, A_3，最后到达 A_1。这样就得到序关系 $R_3(\widetilde{A}) \succ R_2(\widetilde{A}) \succ R_4(\widetilde{A}) \succ R_1(\widetilde{A})$。

3.2. 单目标决策体系

单目标决策体系基于对问题 1 和 2 的以下两种认识：

第 1 种：在招标评价项目 $A_1, A_2, \cdots, A_m$ 中，追求某一个评价项目的最优化。例如在一些民用建筑施工招标时，追求报价最优；而在一些设计招标中，追求设计方案最优等。

第 2 种：招标评价项目 $A_1, A_2, \cdots, A_m$ 具有价值可比性，从而可以采用统一的度量对所有评价项目进行量化，进而设置各种权函数对其进行量化比较而获得综合评价最优的目标。例如现在中国国内招标评价体系中常用的百分制打分和经评审的最低评标价法等。

3.2.1. 单目标最优化

这种方法以追求的单一评价项目最优，兼顾其他评价项目为目标。假设招标项目 $\widetilde{A} = \bigcup\limits_{i=1}^{m} A_i$ 所追求的最优评价项目为 A_1，则需要对其他评价项目 $A_2, A_3, \cdots, A_k$ 设置出最低的可接受基准，然后在对 $A_2, A_3, \cdots, A_k$ 可接受的投标, 设为 $R_1, R_2, \cdots, R_l$ 中对 $R_1(A_1), R_2(A_1), \cdots, R_l(A_1)$ 进行排序，进而决定推荐的中标候选人名单，例如对评价项目 $A_2, A_3, \cdots, A_k$ 采用合格制评审或采用权函数的方法对 $A_2, A_3, \cdots, A_k$ 进行打分，设置合格基准线，然后依据合格的投标 $R_1, R_2, \cdots, R_l$ 对评价项目 A_1 的投标情况进行排序，并制定出 $R_i(A_1) \approx R_j(A_1)$ 时 $R_i(\widetilde{A})$ 与 $R_i(\widetilde{A})$ 的排序方法。依据定理 3.1 我们得到以下结果。

定理 3.2 对于一个招标项目 $\widetilde{A}$，单目标最优可以得到投标结果的严格排序。

例 3.2 某工程设计方案招标项目 $\widetilde{A}$ 以追求设计方案最优为目标，共分为 A, B, C, D, E 计五个档次。规定了人员配备、设计周期满足一定的条件、投标报价位于国家规定的取费标准允许的幅度内为合格，并规定当设计方案评价档次相同时按 “价低

优先”的原则进行排序。该项目共有八个投标人参加投标，其报价如下表 3。

投标人	R_1	R_2	R_3	R_4	R_5	R_6	R_7	R_8
投标报价 (万元)	251	304	268	265	272	283	278	296

表 3

经过评审，除投标人 R_5 配备的人员不符合招标要求外，其他投标人的报价、设计周期和人员配备均符合要求。对投标人设计方案的评审结果如下表 4。

档次	A	B	C	D	E
投标方案档次	R_3、R_6	R_1	R_2、R_8	R_7	R_4

表 4

这样，投标人的最后排序结果为：

$$R_3(\widetilde{A}) \succ R_6(\widetilde{A}) \succ R_1(\widetilde{A}) \succ R_8(\widetilde{A}) \succ R_2(\widetilde{A}) \succ R_7(\widetilde{A}) \succ R_4(\widetilde{A}).$$

例 3.3 某普通住宅工程施工招标项目 $\widetilde{A}$ 对投标人采取了资格、项目管理人员和技术装备审查通过制的基础上进行价格 A_1 评审的方法，共有七个投标人 $R_i, 1 \leq i \leq 7$ 参加了投标。其价格评审采用了权函数的方法，即首先确定评标基准价 S，然后计算投标人得分 N，这里

$$S = \frac{(\sum\limits_{i=1}^{7} A_i - \max\{R_i(A_1)|1 \leq i \leq 7\} - \min\{R_i(A_1)|1 \leq i \leq 7\}}{5},$$

$$N_i = 100 - t \times |\frac{R_i(A_1) - S}{S}| \times 100, \quad 1 \leq i \leq 7,$$

这里，若 $R_i(A_1) - S > 0$ 则 $t = 6$；若 $R_i(A_1) - S < 0$ 则 $t = 3$。同时规定当得分相同时，按“低价优先”原则排序。经过评审，七个投标人的资格、项目管理人员和技术装备配备、施工组织设计均符合要求。投标人的报价如下表 5。

投标人	R_1	R_2	R_3	R_4	R_5	R_6	R_7
A_1(万元)	3518	3448	3682	3652	3490	3731	3436

表 5

依据以上计算方法，得到 $S = 3558$ 和投标人得分

投标人	N_1	N_2	N_3	N_4	N_5	N_6	N_7
得分	96.70	91.27	79.12	84.16	94.27	73.84	89.68

表 6

故投标排序结果为：

$$R_1(\widetilde{A}) \succ R_5(\widetilde{A}) \succ R_2(\widetilde{A}) \succ R_7(\widetilde{A}) \succ R_4(\widetilde{A}) \succ R_3(\widetilde{A}) \succ R_6(\widetilde{A}).$$

3.2.2. 伪综合评价最优

这种方法假设评价项目 $A_1, A_2, \cdots, A_m$ 在一个实数区间 $[a, b]$ 上存在统一的度量基准, 从而可以化为 3.2.1 的情形追求单目标最优。不失普遍性, 我们可以假设其统一度量为 ϖ, 且其相互间的关系为

$$\varpi(A_i) = f_i(\varpi), \quad 1 \leq i \leq m,$$

这里 f_i 表示函数关系, 则现在的招标就转化成了单目标规划

$$\max_{\varpi} F(f_1(\varpi), f_2(\varpi), \cdots, f_m(\varpi))$$

或

$$\min_{\varpi} F(f_1(\varpi), f_2(\varpi), \cdots, f_m(\varpi)),$$

这里 F 表示招标项目 $\widetilde{A}$ 与评价项目 $A_1, A_2, \cdots, A_m$ 间的关系，可以是权函数，如线性函数

$$F(f_1(\varpi), f_2(\varpi), \cdots, f_m(\varpi)) = \sum_{i=1}^{m} f_i(\varpi)$$

或是某种序关系。利用定理 3.2，我们得到下述结果。

定理 3.3 若函数 F 在区间 $[a, b]$ 上存在唯一的最大值, 经过进一步约定 $R_i(\widetilde{A}) = R_j(\widetilde{A}), i \neq j$ 时 $R_i(\widetilde{A})$ 与 $R_j(\widetilde{A})$ 的排序方法, 则伪综合评价得到投标人 $R_i, 1 \leq i \leq k$ 对招标项目 $\widetilde{A}$ 投标结果 $R_i(\widetilde{A}), 1 \leq i \leq k$ 的严格序。

目前中国国内招标时采用的百分制打分和经评审的最低评标价法实际上均是这一评价体系的应用。在百分制打分中，我们选用线性函数

$$F(f_1(\varpi), f_2(\varpi), \cdots, f_m(\varpi)) = \sum_{i=1}^{m} f_i(\varpi),$$

且 $0 \leq F(f_1(\varpi), f_2(\varpi), \cdots, f_m(\varpi)) \leq 100, f_i \geq 0, 1 \leq i \leq m$。而在经评审的最低评标价法中，将其他评价项目 $A_2, A_3, \cdots, A_m$ 的投标偏差均折算成投标价格 A_1，即

$$f_i = (l_i - l_0)\varpi(A_1),\ 1 \leq i \leq m,$$

这里 l_0 是评价项目的评价基准点，$\varpi(A_1)$ 是单位偏差加价指标，而采用的权函数为

$$F(\varpi(A_1), f_2(\varpi(A_1)), \cdots, f_m(\varpi(A_1))) = (1 + l_2 + \cdots + l_m)\varpi(A_1).$$

例如，规定当某个非关键性技术参数较需求的指标差一定值时，增加其评标价格 10，即 $\varpi(A_1) = 10$ 万元。

4. 权函数及其构造

这一节讨论定义于评价项目或评审指标上的权函数，我们首先给出其数学定义。

定义 4.1 对于一个有 k 个投标人 $R_1, R_2, \cdots, R_k$ 参与投标的招标项目 $\widetilde{A} = \bigcup\limits_{i=1}^{m} A_i$ 或评价项目 $A_i = \{a_{i1}, a_{i2}, \cdots, a_{in}\}, 1 \leq i \leq m$，若存在一个连续函数 $\omega : \widetilde{A} \rightarrow [a, b] \subset (-\infty, +\infty)$ 或 $\omega : A_i \rightarrow [a, b] \subset (-\infty, +\infty), 1 \leq i \leq m$，使得任意整数 $l, s, 1 \leq l, s \leq k$，$R_l(\widetilde{A}) \succ R_s(\widetilde{A})$ 或 $R_l(\widetilde{A}) \approx R_s(\widetilde{A})$ 时有 $R_l(\omega(\widetilde{A})) > R_s(\omega(\widetilde{A}))$ 或 $R_l(\omega(\widetilde{A})) = R_s(\omega(\widetilde{A}))$，或者 $R_l(A_i) \succ R_s(A_i)$ 或 $R_l(A_i) \approx R_s(A_i), 1 \leq i \leq m$ 时有 $R_l(\omega(A_i) > R_s(\omega(A_i))$ 或 $R_l(\omega(A_i)) = R_s(\omega(A_i))$，则称 ω 为招标项目 $\widetilde{A}$ 或评价项目 $A_i, 1 \leq i \leq m$ 上的一个权函数。

权函数是定量评审招标项目的基础。由于实际工作中投标人的数量是有限的，依据多目标决策理论（[3]），对任意整数 $i, 1 \leq i \leq m$, 权函数 $\omega(A_i)$ 一定存在；但一般地，若评价项目 $A_1, A_2, \cdots, A_m$ 的价值不具有可比性，则权函数 $\omega(\widetilde{A})$ 不存在。关于 $\omega(A_i)$ 可以有以下两种选择方法：

(1)区间 $[a, b]$ 上的严格单调函数，如线性函数等；

(2)区间 $[a, b]$ 上具有唯一最大值的连续函数，如折线函数、2 次函数等。

下面我们以工程招标为例，对权函数 ω 进行进一步分析。

4.1. 报价权函数

设 A_1 为投标报价，实际工作中经常遇到采用如下方法计算权函数 $\omega(A_1)$。首

先计算评标基准价 S，

$$S = \frac{R_1(A_1) + R_2(A_1) + \cdots + R_k(A_1)}{k}$$

或

$$S = \begin{cases} \frac{R_1(A_1)+R_2(A_1)+\cdots+R_k(A_1)-M-N}{k-2}, & k \geq 5, \\ \frac{R_1(A_1)+R_2(A_1)+\cdots+R_k(A_1)}{k}, & 3 \leq k \leq 4 \end{cases}$$

或在有标底时采用 *

$$S = T \times A\% + \frac{R_1(A_1) + R_2(A_1) + \cdots + R_k(A_1)}{k} \times (1 - A\%).$$

这里，$R_i(A_1), i = 1, 2, \cdots, k$ 表示投标报价，k 为投标人的个数，M、N 分别为最高、最低投标报价，T 为标底价格，$A\%$ 为标底价格在评标基准价中所占权重。则权函数 $R_i(\omega(A_1)), 1 \leq i \leq k$ 的计算公式为

$$R_i(\omega(A_1)) = -\varsigma \times \frac{R_i(A_1) - S}{S} + \zeta$$

这里，ς 为扣分常数，而 ζ 为一个使 $\omega(A_1) \geq 0$ 的常数。这一计算方法假设报价模型是正态分布，如此采用数理统计的方法可以算出最接近实际工程价格的为投标人报价的算术平均数。但实际上，招标中的投标报价不是一种随机事件，其报价过程掺杂有投标人的主观愿望和期望值，这种期望值在许多情形下不能采用定量方法来衡量。所以从科学决策角度讲，这种方法不过是一种评判而非科学决策规则。

依据招标人的价格期望和市场行情，可以采用如下权函数：

(1) 区间 $[N, M]$ 上的线性权函数

$$R_i(\omega(A_1)) = -p \times \frac{R_i(A_1) - N}{M - N} + q,$$

这里，p 为扣分常数，而 q 为一个使 $R_i(\omega(A_1)) \geq 0, 1 \leq i \leq k$ 的常数。这种方法在对投标报价评审时追求价格最低。

(2) 区间 $[N, M]$ 上的非线性权函数，如

$$R_i(\omega(A_1)) = -p \times \frac{R_i(A_1) - \frac{T + \sum_{j=1}^{k} R_i(A_1)}{k+1}}{+} q,$$

[1]**注**：2012 年 2 月 1 日生效的《招标投标法实施条例》第五十条已禁止采用这种方法

$$R_i(\omega(A_1)) = -p \times \frac{R_i(A_1) - \sqrt[k+1]{R_1(A_1)R_2(A_1)\cdots R_k(A_1)T}}{\sqrt[k+1]{R_1(A_1)R_2(A_1)\cdots R_k(A_1)T}} + q$$

或

$$R_i(\omega(A_1)) = -p \times \frac{R_i(A_1) - \sqrt{\frac{R_1^2(A_1)+R_2^2(A_1)+\cdots+R_k^2(A_1)+T^2}{k+1}}}{\sqrt{\frac{R_1^2(A_1)+R_2^2(A_1)+\cdots+R_k^2(A_1)+T^2}{k+1}}} + q$$

等，这里 p, q 含义同上。

如果考虑衡量出报价的细微偏差，则还可以求出报价的 $k+1$ 次多项式曲线，即假定投标报价为 $k+1$ 次多项式

$$f(x) = a_{k+1}x^{k+1} + a_k x^k + \cdots + a_1 x + a_0$$

的值，然后依据投标报价及标底价格由低到高的次序，设为 $R_{j_1}(A_1) \succ R_{(j_2)}(A_1) \succ \cdots \succ T \succ \cdots \succ R_{j_k}(A_1)$，依次对应 $k+2$ 个常数 $c_1 > c_2 > \cdots > c_{k+1} > 0$，例如 $k+1 > k > \cdots > 1 > 0$，解方程组

$$\begin{aligned}
&R_{j_1}(A_1) = a_{k+1}c_1^{k+1} + a_k c_1^k + \cdots + a_1 c_1 + a_0\\
&R_{j_2}(A_1) = a_{k+1}c_2^{k+1} + a_k c_2^k + \cdots + a_1 c_2 + a_0\\
&\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\\
&R_{j_{k-1}}(A_1) = a_{k+1}c_k^{k+1} + a_k c_k^k + \cdots + a_1 c_k + a_0\\
&R_{j_k}(A_1) = a_0
\end{aligned}$$

而得到 $k+1$ 次多项式 $f(x)$，进而确定其排序及得分方法。但应注意，投标报价在实际工作中允许有偏差，所以采用这种方法同样需要规定出多大的报价偏差不影响排序结果。

4.2. 方案权函数

设方案的评价项目为 A_2，其评审指标为 $\{a_{21}, a_{22}, \cdots, a_{2n_2}\}$。定量判断一个方案的优劣是比较困难的，这不但是对招标人而言，对评标专家也如此。方案的评审指标常常是不可比的，所以通常采用对评审指标赋予不同分值的做法实际上不可取的，因为我们很难解释清楚为什么一个方案得 96 分而另一个方案只能得 92 分。对方案的评审宜采用定性评审或在定性基础上的定量评审，其权函数 $R_i(\omega(A_2)), 1 \le i \le k$ 可以取为线性函数

$$R_i(\omega(A_2)) = R_i(\omega(a_{21})) + R_i(\omega(a_{22})) + \cdots + R_i(\omega(a_{2n_2})).$$

而对每个评审指标的权函数 $\omega(a_{2i}), 1 \leq i \leq n_2$ 宜采用定性评审基础上的定量评审，不同的级别对应不同的权函数。

例如某招标项目的方案评审共设 4 个评审指标，每个指标分为 A, B, C, D 四个级别，得分标准表 7 所示。

评审指标	a_{21}	a_{22}	a_{23}	a_{24}
A	4	2	2	1
B	3	1.5	1.5	0.8
C	2	1	1	0.5
D	1	0.5	0.5	0.3

表 7

如果一个投标 R_i 的定性评审结果为 $R_i(\omega(a_{21})) = A$,$R_i(\omega(a_{22})) = B$, $R_i(\omega(a_{23})) = B$,$R_i(\omega(a_{24})) = A$，则该投标人的方案得分为

$$\begin{aligned} R_i(\omega(A_2)) &= R_i(\omega(a_{21})) + R_i(\omega(a_{22})) + R_i(\omega(a_{23})) + R_i(\omega(a_{24})) \\ &= 4 + 3 + 1.5 + 1 = 9.5. \end{aligned}$$

从排序角度讲，只要评审出方案的级别，利用上一节的字典排序或图上作业法就可以确定出各投标人方案的排序结果。当然，在这之前需确定出评审指标间的序关系，不同的工程招标项目，其方案评审指标的序关系是不一样的。

5. 几个需进一步讨论的问题

《中华人民共和国招标投标法》经过六年多的实践，已经在中国招标投标领域法制化建设方面迈出了一大步，但伴随着法律的实施，也陆续暴露出一些在实际工作中必须解决的问题，如不及时进行规范，势必造成与法律初衷的背道而驰。这里，我们对几个问题进行一些初步分析与讨论。

问题 1: **招标与合同管理得关系** 无庸置疑，招标是为合同管理服务的手段而不是目的，这两者之间的关系定位在法律层面上是十分清楚的。但近年的实践表明，中国国内招标大有一种以形式代替内容，以走手续、走程序代替合同管理的趋势，直接造成了招标走过场、招标投标成本加大和工程投资控制失效。要想有效地解决好这个问题，必须依据法律定位，认识清招标与合同管理的问题，加强招标人、投标人、评标委员会成员和招标投标监管部门的法制化建设及专业理论的学习，各施

其则，从而有效地制止招标投标过程中的不法行为，实现“公开、公平、公正和诚实信用”的招标投标原则，这当中，作为提出招标项目、制定招标规则的招标人是关键。实践表明，只要招标人依法办事，目前在招标投标领域暴露出来的问题基本上都可以在招标文件及其评价体系的制定和招标组织中得到有效地预防与解决。但如何对招标人进行有效制约，即如何在法律法规层面上处理好招标人违法则还存在较大空缺，需要引起后续法律修订及法规制订时充分注意。

问题 2: **评标标准的客观化** 所谓评标标准的客观化问题，就是要求将所有的评价项目和评审指标给出客观评判标准与方法，进而依据多目标决策方法评审和推荐中标候选人。目前国内对投标报价和商务部分的评审基本上实现了客观评审（且不论其客观评审方法是否科学合理），但对技术部分，如技术方案、施工组织设计、技术规格等的评审则完全交给了评标委员会依据其主管判断评审的方法，直接造成了一些评审结果对投标人不公平和易于背后操作等违法违规事件的发生。这当中有其客观原因，但更主要的，在于评标委员会成员的来源和其专业素质不一，对同样一个投标的判断常常会得出不同的评判结果，尤其是在采用定量评审方法时暴露得更明显。当然，加强评标专家的业务培训和评标技能的训练能够部分地解决这个问题，但其根源在于将一些无法量化的评审指标交给了评标委员会去定量评审并做到公正、客观与科学本身就是一件十分困难的事情，加之专家的素质高低不平，极易于造成评标结果失真。在当前评标专家业务素质高低不平、缺乏评标技能的条件下，加大资格预审的审查力度，将评标标准进行客观化或化多目标决策为单目标决策无疑是一种有效的解决途径，同时也符合法律法规初衷，以便将来条件成熟时全面进行多目标决策方式的评审。

问题 3: **定量与定性评审** 国内一些地区的招标投标管理办法中强制规定了一些类别的项目必须采用定量评审。如前所述，定量评审的前提是评价项目之间存在统一的度量关系，可以量化处理。而绝大多数评价项目之间并不存在统一度量关系，结果造成招标文件中的评审标准的非量化和评标委员会的主观量化判定。对一些不能量化的评价项目，采用定性而不是定量评审的方法可以有效地解决这一个问题。一般而言，评标委员会成员对一个技术方案优劣的评审结果是可以采用评议、争论等方式达成共识的，比如判断一个方案的合格与否，是一个优秀方案还是一个合格方案对评标专家而言是能够胜任的，在这种条件下，对一些无法量化的评价项目，特别是技术部分的评审采用定性方式评审无疑是解决当前评标结果失真的有效手段，这当中还有许多细致的工作需要进行认真研究与思考，而规范市场行为，规范参与招标活动的各方行为，采用科学决策的方式制定招标评价体系才是解决问题的根本，而这依赖于法制化建设，也依赖于参与招标活动的各方依法办事，话虽然很

简单，但六年来贯彻《中华人民共和国招标投标法》的实践表明，这是一项长期而艰苦的工作。

参考文献

[1] G.Chartrand and L.Lesniak,*Graphs & Digraphs*, Wadsworth, Inc., California, 1986.

[2] 陈口，多目标决策方法，现代工程数学手册, 第 IV 卷第 77 篇，1357-1410，华中工学院出版社，1987。

[3] P.C.Fishburn, *Utility Theory for Decision Making*, New York, Wiley, 1970.

[4] D.L.Lu, X.S.Zhang and Y.Y.Mi, An offer model for civil engineering construction, 运筹学报, Vol.5, No.4(2001)41-52.

[5] 毛林繁, *On Automorphisms groups of Maps, Surfaces and Smarandache geometries*, *Sientia Magna*, Vol.1(2005), No.2, 55-73.

[6] 毛林繁, *Automorphism Groups of Maps, Surfaces and Smarandache Geometries*, American Research Press, 2005.

[7] 毛林繁, *Smarandache multi-space theory*, Hexis, Phoenix, AZ，2006.

[8] 毛林繁，中国工程建设项目施工招标技巧与案例分析 –Smarandache 重空间招标模型，Xiquan Publishing House (Chinese Branch), America, 2006.

[9] F.Smarandache, Mixed noneuclidean geometries, *eprint arXiv: math/0010119*, 10/2000.

[10] F.Smarandache, *A Unifying Field in Logics. Neutrosopy: Neturosophic Probability, Set, and Logic*, American research Press, Rehoboth, 1999.

[11] F.Smarandache, Neutrosophy, a new Branch of Philosophy, *Multi-Valued Logic*, Vol.8, No.3(2002)(special issue on Neutrosophy and Neutrosophic Logic), 297-384.

[12] F.Smarandache, A Unifying Field in Logic: Neutrosophic Field, *Multi-Valued Logic*, Vol.8, No.3(2002)(special issue on Neutrosophy and Neutrosophic Logic), 385-438.

论招标采购六大关系

摘要 招标采购是一种消费选择行为，即利用市场基础性调节作用，在缔约过程引入投标竞争机制，进而择优，与当事人正确认识相互关系，正确组织或参与招标投标活动密切相关。招标采购涉及招标人、招标代理机构、投标人、评标委员会以及行政监督部门等多个主体利益和复杂关系，而正确认识相互关系，把握招标采购经济实质，无疑是实现招标采购宗旨的基础，为此，本文对招标采购过程中的招标与投标、招标与评标、招标与委托代理、招标投标与履约、招标投标与监督、招标投标与社会进步等 6 种关系，以及其对招标采购结果的影响等进行辨析，例举了实践中因对其关系误解而违背民事原则的行为，以期规范引导招标采购实践，实现招标采购结果。

关键词 招标、委托代理、投标、评标、诚信履约、行政监督、社会责任。

Abstract The bidding purchasing is a process of consumption choice, i.e., bidding in the contracting and then preferential selection. Its success is basically on the understanding of the relation between participants in bidding. Generally, the participants include the tenderee, tendering agent, bidder, bids evaluation committee and administrative supervision. Clearly, the correct understanding the relation between participants is the base of bidding purchasing for its economic substance in China. In this paper, we differentiate and analyze 6 basically relations in bidding, i.e., tendering and bidding, tendering and bids evaluation, tendering and its agent, bidding and contracting performance, bidding and supervision, bidding and social progress with their function on the bidding result for normal guidance on bidding purchasing. We also list some behaviors of violation on civil ruler caused by misunderstanding on these basic relations in practice in this paper.

Key Words tendering, agent, bidding, bids evaluation, good faith performance, administrative supervision, social responsibility.

分类号: F21.

[1]《招标与投标》, 2014 年第 5 期

招标采购由缔约和履约两个环节构成，其中，缔约包括策划招标方案、编制招标文件、发布招标公告，投标人编制投标文件、递交要约，组织开标、评标，确定中标结果并发出中标通知书承诺，招标人和中标人依法签订合同等过程实现缔约；履约，即招标人和中标人按合同诚信履约，实现招标采购结果，是一种消费选择行为，主要有三类参与人：①交易人：招标人和中标人；②委托人：招标代理机构（如果有）、评标委员会；③监督人：行政监督部门等，对参与人相互间关系的理解，以及对招标投标促进社会进步作用认识等直接影响招标采购过程和结果，故辨析清其关系是正确认识招标采购行为，进而实现招标采购目的的基础，为此，本文对招标采购中的六大基本关系，即招标与投标、招标与委托代理、招标与评标、招标投标与履约、招标投标与监督和招标投标与社会进步等关系，结合实践进行了辨析，以期起到抛砖引玉，引导招标采购规范有序发展。

一、招标与投标

招标有狭义与广义之分。狭义招标指招标人发出的要约邀请，即" 引诱" 潜在投标人向自己发出要约，并据此择优选择行为；广义招标指招标采购，即招标人发出招标公告等要约邀请，投标人依据要约邀请递交要约，招标人承诺并与中标人签订并履行合同，实现招标采购标的行为。本文中的“招标”为狭义招标；投标，指投标人依据招标文件参与投标竞争，向招标人递交投标要约行为。所以，招标与投标看似对立，实则相互依存，因为没有“招标”就没有“投标”，同样，没有" 投标" 则" 招标" 这种消费选择也不存在。

从经济学看，招标与中标是" 需求" 与" 供给" 关系，对应的，招标人是需求者，中标人是供给者，二者依据招标文件和中标人的投标文件依法签订书面合同，并按诚实守信原则履约，进而实现招标采购" 标的"。这当中，中标人是经过投标竞争后中标的投标人，所以，投标人为参与投标竞争的准供给者。

《招标投标法》第四十六条规定，招标人和中标人应当自中标通知书发出之日起 30 日内，按照招标文件和中标人的投标文件订立书面合同，同时规定，招标人和中标人不得再行订立背离合同实质性内容的其他协议，表明招标人和中标人间为缔约关系。国外一般将缔约关系界定为“伙伴关系”，即双方在相互信任基础上，为实现共同目标而采取风险共担、利益共享的合作关系；国内一般直接称其为合同当事人，其关系界定为法律地位平等，并结合民事活动原则“自愿、公平、等价有偿、诚实信用”理解。实际上，无论理解成“伙伴”关系，还是理解成“法律地位平等”关系，其核心在于促使合同当事人在履约过程中需充分认识双方在“风险共担、利益共享”目标下的合作关系，用儒家“仁、义、礼、智、信”中“仁”的思想界定最清

晰。一方面，需“讲仁义”，即在与另一人相处时，能做到融洽和谐；另一方面，需“讲易”，即换位思考，做事不能光想自己，要设身处地为对方着想，“为人则为己”。这种“仁”的思想，是中国人理解“合作”关系，实现合作共赢的战略举措。

《招标投标法》第十九条规定，招标人应当根据招标项目特点和履约需要编制招标文件，明确所有实质性要求和条件以及拟签订合同的主要条款，包括项目范围、技术要求、对投标人资格审查的标准、报价要求和评标保准等所有实质性要求和条件，以及签订合同的主要条款，即招标投标过程中，招标人是主导地位，须在招标文件中明确所有实质性要求和条件，进而要求投标人在满足实质性要求和条件的基础进行竞争。这种形式，因为是招标人提出条件要求投标人响应，如招标人不能正确认识招标与投标的辩证关系，极易造成招标文件或其签订的书面合同中出现“霸王条款”或“不平等条约”，如：①将一些依法招标人须履行的义务，通过招标投标强制转嫁给中标人，例如，一些招标文件中规定“实际工程量与招标文件工程量误差在 3% 以内的，结算时一概不予调整”，再如，强制要求投标人中标后将一些中标内容分包给制定受益人等；②强制压低中标价格，例如，将建安费 5000 万元人民币的工程施工项目最高投标限价明确为 3000 万元人民币压低中标价，或是直接规定评标基准价计算时的下浮率，如招标文件载明“评标基准价 = 有效投标报价的算术平均值 × 90%”而要求中标价优惠 10%，或是投标人中标后强制要求其按照一定幅度降价，否则不签合同协议书等；③将合同履约风险，特别是市场物价波动一概分配给中标人承担而不考虑中标人承受能力，例如，对一个计划建设工期为 36 个月的建设项目，招标文件规定“合同履行期间物价波动，结算时一概不予调整”等行为，极易造成招标人和中标人签订的书面合同不能有效履行，因为招标人编制招标文件或合同条件设置时没有意识到与中标人是“仁”的关系，是“风险共担、利益共享”的合作关系，单纯使自己利益最大化并不能实现招标采购结果。

《招标投标法》第二十七条规定，投标人应当按照招标文件的要求编制投标文件，同时规定，投标文件应当对招标文件提出的实质性要求和条件作出响应，即招标投标活动中，投标人是从属地位，其核心在于满足招标文件实质性要求和条件，进行“竞争博弈”，但殊不知，这种要求是以投标人”守信”为基础的。实践中，投标人以低于其成本的报价竞标，以弄虚作假方式骗取中标等情形，与投标人缺“信”有关，更与其不能意识到中标后与招标人是”仁”的关系有关，其根源在于单纯将投标视为获取中标手段，而非实现招标采购结果，进而采取非法手段谋取中标，如：①招标条件不满足，或是履约条件有欠缺而不提示招标人；②“低价中标，高价索赔”，即利用招标条件或履约条件的缺陷投低价，合同签订时要求招标人额外加价或给予其他优惠条件，更有甚者，以项目要挟招标人额外加价，或是延迟履约迫使

招标人加价等；③结算时否定投标及合同签订时作出的承诺，甚至以“不满足要求结算不交钥匙”为手段，迫使招标人同意其不合理要求等，造成招标采购结果迟迟不能兑现。

出现上述现象原因，在于招标人和投标人没能正确认识招标与投标的辩证关系所致。一方面，招标投标活动中，招标人是主导而投标人是从属，使招标人存在“什么都可以约定，只要招标文件明示”的错误思想；另一方面，履约过程中，中标人是主导而招标人是从属，使投标人存在“先中标，后索赔”的错误思想，造成招标投标”走形式，走过场”。所以，正确认识招标与投标”仁”的辩证关系，有利于招标人进行招标和投标人参与投标竞争，还招标采购于其本来面目。

二、招标与委托代理

招标委托代理，即招标代理机构接受招标人委托，从事编制资格预审文件、招标文件，组织审查投标人资格，组织投标人踏勘项目现场和投标预备会，组织开标、评标和定标以及协调招标人和中标人合同签订等事项，是一种民事委托代理行为。对应的，招标人与其委托的招标代理机构间是被代理人与代理人关系。

《民法通则》第六十三条规定，代理人在代理权限内，以被代理人名义实施民事法律行为，被代理人对代理人的代理行为承担民事责任，即招标代理机构是以招标人的名义进行招标，招标结果由招标人承担。为此，《招标投标法》第十二条规定，招标人有权自行选择招标代理机构，委托其办理招标事宜，同时规定，任何单位和个人不得以任何方式为招标人指定招标代理机构，正是针对代理结果由招标人承担民事法律后果这一特殊性而规定的。

招标代理机构依据招标人的委托开展代理义务，所以，招标人和其委托的招标代理机构间同样是合作关系。对招标人而言，招标代理机构是其进行招标的代言人，须承担其代理行为的法律后果。“既托之即信之”，并按“等价有偿”原则支付其代理服务费；对招标代理机构而言，须依自身实力和经验，按被代理人委托依法行使代理权，履行好代理职责并依获取代理服务费，不履行职责或者和第三人串通，损害被代理人利益的，应依法承担法律责任。

实践中，对招标人与招标代理机构的关系存在一些误解，主要表现在以下几个方面：

①招标人误解。一些招标人错误认为，招标代理不过是代其“走程序，走过场”，没有技术内涵，于是在选择代理机构时，以指定的潜在投标人中标为条件，或者非法降低招标代理服务费，有的甚至要求免收服务费为代理条件等，均违反民事活动基本原则。首先，“以指定的潜在投标人中标为条件”选择招标代理机构，招标代理

机构依法能实现该潜在投标人中标的唯一前提是该投标人在投标中符合中标条件，不取决于招标代理机构。所以，如以此为由选择招标代理机构，不能实现商品效用择优的采购宗旨。一方面，如该指定潜在投标人未中标，招标人依法不能拒绝接受招标代理结果；另一方面，招标代理机构违法操作使该潜在投标人中标，中标无效，招标人依法也不能与其缔约；其次，招标人在招标代理服务费上与其讨价还价，将服务费而不是代理能力高低作为选择标准，特别是以“免收招标代理服务费为条件”选择招标代理机构，一定程度上会促使招标代理机构私下与投标人串通获取收益，均违背代理人与被代理人的民事关系，影响招标代理结果，因为招标代理机构是企业，以“市场盈利”为生存条件。

②招标代理机构误解。一些招标代理机构错误认为，招标代理在于采用合法手段确保指定投标人中标，主要工作在于与各方协调关系而不在提高业务素质和能力，致使其招标业务素质长期得不到提升。有的私下与投标人串通，为其提供投标咨询并非法获取报酬，有的“量身定做”，以指定中标人条件而不按招标项目特点和需要设定资格、技术、商务条件，有的私下与评标专家串通，在劳务费之外许以其他好处，要求其协助指定投标人中标等，均违背代理人基本职业道德，因《民法通则》第六十七条规定，代理人知道被委托代理事项违法仍然进行代理活动的，代理人须承担连带责任，有关行政监督部门依《招标投标法》第五十条规定对其进行处罚，影响中标结果的，中标无效，即招标人不能与中标人签订书面合同。

③政府机构误解。一些地方政府机构错误认为，招标代理机构是招标人违法招标的”帮凶”，于是非法颁布管理办法干预招标人选择招标代理机构，如要求招标人采用抽签、摇号等“随机”方式选择招标代理，否则，招标代理结果无效等。这些做法属于“有罪推断”，违背“以事实为依据，以法律为准绳”的民事原则；同时违反《招标投标法》第十二条“招标人有权自行选择招标代理机构，委托其办理招标事宜。任何单位和个人不得以任何方式为招标人指定招标代理机构”的规定，且导致招标代理机构不依招标代理与招标的民事关系履行职责而影响招标采购结果，因其作为招标代理非招标人选择，是“运气”中签结果，所以，正确认识招标与招标代理的辩证关系，直接关系到招标投标活动规范发展，与招标人和招标代理机构正确理解代理与被代理的民事关系有关，同时，还与政府机构改革和职能调整有关，因为只有把握招标与招标代理的民事关系，才能促使招标代理，以及招标采购事业健康发展。

三、招标与评标

评标，即依法组建的评标委员会按照招标文件规定的评标标准和方法，对投标

文件进行系统地评审和比较，完成评标报告并推荐合格中标候选人的行为。《招标投标法》第四十条规定，招标人根据评标委员会提出的书面评标报告和推荐的中标候选人确定中标人，同时规定，招标人也可以授权评标委员会直接确定中标人。所以，招标是择优选择，离不开评标；评标是选择的根据，服从于招标文件规定的评标标准和方法。

招标与评标这对关系中，一些民事关系需进一步辨析如下：

①评标委员会是什么性质，是否可以不组建而直接确定中标结果？

《招标投标法》第三十七条规定，评标由招标人依法组建的评标委员会负责，即对投标的评审与比较不能由招标人单方面承担，而须由其依法组建的评标委员会负责。既然招标投标法规定评标委员会由招标人依法组建，其第四十条又规定评标委员会完成评标后须向招标人提交书面评标报告并推荐合格的中标候选人，其工作性质"评审和比较"是一种咨询服务，所以，评标委员会是招标人依法组建的咨询委员会，须遵从民事代理规则。

一些招标人认为这从某种意义上剥夺了其"选择权"，其实不然，因为科学的消费选择是基于评审、比较结果的选择，如不经评审与比较直接选择，必然违背按"商品效用最大化"选择的经济原则。实际上，一些招标人对此存有疑虑是其片面扩大招标采购范畴的结果，把一些依法必须招标项目之外的项目纳入了招标采购范畴，加之对《招标投标法》第三十七条规定理解上一知半解，认为所有招标项目的评标委员会均须为 5 人以上单数，同时，其总人数 2/3 以上的技术经济专家须来自评标专家库进而产生的这种疑虑。

《招标投标法》对招标项目区分为"依法必须进行招标项目"（第三条）和"依法必须进行招标项目之外项目"（第二条扣除第三条）两类。第一类是法律强制招标项目，须遵从招标投标法所有规定；第二类是自愿招标项目，对法律中一些针对强制招标项目规定事项参照执行，例如，依据《招标投标法》第三十七条规定，对依法必须进行招标项目，招标人组建的评标委员会须满足该条全部规定，特别是"评标委员会由招标人的代表和有关技术、经济等方面的专家组成，成员人数为 5 人以上单数，其中技术、经济等方面的专家不得少于成员总数的 2/3"的规定，同时，评标委员会中的技术经济专家"应当从事相关领域工作满八年并具有高级职称或者具有同等专业水平，由招标人从国务院有关部门或者省、自治区、直辖市人民政府有关部门提供的专家名册或者招标代理机构的专家库内的相关专业的专家名单中确定；一般招标项目可以采取随机抽取方式，特殊招标项目可以由招标人直接确定"的规定，而对自愿招标项目，上面两款规定仅是参考，招标人组建评标委员会须遵从的

是"评标由招标人依法组建的评标委员会负责"和"与投标人有利害关系的人不得进入相关项目的评标委员会；已经进入的应当更换"，以及"评标委员会成员的名单在中标结果确定前应当保密"这三款规定，回归为一般采购，即招标人组建咨询委员会对投标进行评审和比较，可以自己直接评审、比较，也可以是需要聘请有关专业人员帮助其评审、比较，至于委员会人数、构成以及人员来源等以满足评审为宗旨，由招标人自主决定，法律并未对此干预。

②评标委员会与招标人是什么关系?

一种较流行的观点认为，评标委员会是独立于招标人的第三方，独立于招标人开展工作，这是对评标制度"任何单位和个人不得非法干预、影响评标的过程和结果"的误读。首先，即便是依法必须进行招标的项目，评标委员会构成中有不超过 1/3 的招标人代表参与评审与比较，体现招标人"选择"；其次，评标委员会应当按照招标文件确定的评标标准和方法，对投标文件进行评审和比较，而招标文件体现的恰是招标人"需求与选择方法"，评标委员会不过是"照章办事"；再次，《招标投标法实施条例》第四十八条规定，招标人应当向评标委员会提供评标所必需的信息，但不得以明示或者暗示的方式倾向或者排斥特定投标人，即可以进一步向评标委员会提供评标所必需信息，体现其"需求"；其第八十二条进一步规定，依法必须进行招标的项目的招标投标活动违反招标投标法和本条例的规定，对中标结果造成实质性影响，且不能采取补救措施予以纠正的，招标、投标、中标无效，应当依法重新招标或者评标，其中就包括评标委员会违反法律规定影响中标结果须"重新评标"情形，以进一步体现评标结果的客观、公正，实现招标人需求。

所以，评标委员会受雇并服务于招标人，依法为招标人进行评审和比较以供招标人选择，是招标人实现需求选择的重要依托。认识双方这种辩证关系，一方面，评标过程中，评标委员会不客观、不公正，以及擅自否决投标人的投标行为就属于违法行为，影响中标结果的，就应当依法"重新评标"，因为法律赋予评标委员会的职责是按招标文件规定的评标标准和方法对投标文件进行评审和比较，并推荐合格的中标候选人，即依据招标人要约邀请和投标事实进行评审和比较，推荐的中标候选人须"合格"，反之即违法，这也是《招标投标法》为保证评标结果而在委托行为之上赋予给评标委员会的一项强制义务，因为只有推荐的中标候选人合格，招标人按其评标结果确定中标人才有意义；另一方面，既然评标委员会成员为招标人聘请，就适用" 等价有偿" 的民事原则，即招标人需按其评审、比较复杂程度和强度，按标准支付劳务报酬。招标人低于规定标准支付和评标委员会成员高于规定标准索要都违反"等价有偿"的民事原则。

③评标委员会是否有公权力?

公权力，即公共管理权力，其行使人是国家机关，或是国家机关依法委托的团体或者个人，即行政授权。招标投标法规定评标委员会由招标人组建，即表明评标委员会不具有公权力性质，否则，评标委员会就应由国家机关组建而非招标人组建。

一些政府机构错误地认为，评标委员会职责在于维护“国家利益和社会公共利益”，故评标委员会组建及其对投标文件的评审、比较过程应由政府机构负责，导致一些地区出现不允许招标人参与评标，剥夺招标人依法参与评标权利的错误作法，偏离了招标采购制度宗旨。殊不知,“保护国家利益、社会公共利益和招标投标活动当事人的合法权益”是招标投标活动当事人依法须遵从，非单纯靠评标委员会实现的。

形成这种错误认识的原因，在于一些政府机构片面理解《招标投标法》第三十七条规定评标专家“由招标人从国务院有关部门或者省、自治区、直辖市人民政府有关部门提供的专家名册或者招标代理机构的专家库内的相关专业的专家名单中确定”和《招标投标法实施条例》第四十六条“评标委员会的专家成员应当从评标专家库内相关专业的专家名单中以随机抽取方式确定”规定实质，评标专家库本身并不代表行政许可事项，其宗旨仅是有关政府部门辅助招标而组建的”专家资源库”供招标人依项目特点和评标需要选聘，非政府部门选聘。对应的，其评标结果也由招标人承担而非政府部门承担。在这一点上，政府有关部门和招标代理机构组建评标专家库的职责在于保证专家专业素质与能力,“实现专家资源共享”，以使招标人选聘的评标专家胜任评标工作，二者有着本质的区别，同时，这当中也还有许多深层次问题，例如，如何保证随机抽取的评标专家专业素质满足招标项目评审需要，如何提高专家职业道德，进而客观、公正地进行评审和比较，政府如何既提供评标专家资源，又减少其行政责任等事项均需进一步研究。

四、招标投标与履约

招标采购，包括缔约与履约两个过程，其目的是在缔约环节引入竞争机制，进而实现提高经济效益，保证项目质量的宗旨。所以，招标是依法必须进行招标项目履约的前置条件，其目的在于形成履约依据，如不进行招标，签订的合同违法，无效；履约则是实现招标“标的”的过程，没有履约的招标仅是形式，无“标的”内容呈现。

招标为履约提供依据制约着招标，要求招标投标活动的参与人“诚实守信”，即招标投标过程承诺事项履约中需信守，不得擅自改变。首先，投标为递交要约行为。《合同法》第十四条，要约是希望和他人订立合同的意思表示，该意思表示应当

符合下列规定：①内容具体确定；②表明经受要约人承诺，要约人即受该意思表示约束，这当中“*经受要约人承诺*”，指招标人确定中标人，发出中标通知书行为。所以，中标人的投标一经招标人接受，中标人须受其投标意思的约束而诚信履约，不得擅自更改，这也是《招标投标法》第四十八条规定中标人应当按照合同约定履行义务，完成中标项目，即实现“*标的*”的法理；其次，投标是对招标人要约邀请实质性要求和条件的响应行为，招标人发出中标通知书接受其投标，即形成中标要约与招标人承诺的合同。

注意，《招标投标法》规定，中标人的投标须实质性响应招标文件的实质性要求与条件，所以，合同法中的“*要约、承诺*”形成合同，是指其实质性内容构成合同。这样，中标承诺与中标要约在实质性内容上，与招标文件和中标人的投标文件一致，这就是《招标投标法》第四十六条规定招标人和中标人“*应当按照招标文件和中标人的投标文件订立书面合同。招标人和中标人不得再行订立背离合同实质性内容的其他协议*”的法理，之所以要求招标人和中标人按招标文件和中标人的投标文件签订合同，一是因为招标文件作为要约邀请，按《合同法》不构成合同，但其中的标的、履约条件、要求等与招标人和中标人履约密切相关，须纳入合同作为履约依据；二是中标人的投标虽然按《合同法》构成合同内容，但投标有效期是其有效期限，超过投标有效期，除非投标人确认仍有效外，即自动失效，须将其要约实质性内容纳入双方签订的书面合同才能有效履行；第三，对合同实质性要求和条件之外内容，因招标投标活动特殊性，双方可在招标文件和中标人投标文件基础上进一步协商，如达成一致意见后列入合同即为有效，但如双方达不成一致意见，则只能按中标人的投标签订合同，因为发出中标通知书的行为即表明招标人实质上可以接受其投标。

实践中，因招标人和投标人对招标与履约的辩证关系误解，致使一些项目的招标投标“*走形式*”而没能真正起到提高经济效益，保证项目质量的作用，表现在：

①招标人误解。一些招标人错误认为，招标的核心是确定”中标人”，是投标人”关系”竞争而不是”投标竞争”，于是把主要精力放在选择中标人上。这也是国内”招标人内定中标人”行为在一定范围较普遍的直接原因。这些项目招标文件中大都没有详尽的合同条件，或是随意采用其他项目合同条件招标，待中标人确定后再采用”高压态势”与中标人就合同条款逐条谈判，致使不少当事人签订合同时修改了实质性内容而使其无效。②投标人误解。一些投标人错误认为，投标的目的是成为”中标人”，与招标人、招标代理机构、投标人和评标委员会成员建立关系是关键。有的采用串通、弄虚作假、行贿等手段骗取中标，签订合同时再向招标人提出其他附加条件。更有甚者，在合同履行过程中”坐地起价”，以项目要挟招标人额外增加费

用，如得不到认可，则采用各种理由拖延项目履行而影响” 标的” 实现。所以，正确认识招标与履约的辩证关系，是落实招标采购制度提高经济效益，保证项目质量的首要条件。对招标人而言，必须清楚地认知招标采购项目管理过程和手段，预见各种履约风险，按招标与履约全过程招标，并按” 商品效用最优” 而不是” 谁中标” 原则确定中标结果；对投标人而言，投标的目的在于成为” 供给者”，而” 一诺千金” 是其市场立足的根本，须按投标与履约全过程投标。实际上，那种” 骗取中标再高额所要费用” 不诚信履约的思想，随着市场主体信用体系建设的完善定会得到有效抑制。五、招标投标与监督招标投标与监督是交易与监督关系，招标投标当事人与监督人间的关系是一种“运动员与裁判员”关系。《招标投标法》第七条规定，招标投标活动及其当事人应当接受依法实施的监督，即活动是在依法监督下的市场采购行为，同时规定，有关行政监督部门依法对招标投标活动实施监督，依法查处招标投标活动中的违法行为。《招标投标法实施条例》第四条对有关行政部门，包括财政部门、监察部门的监督职责进行了分工，使行政监督有法可依。

招标投标当事人与行政监督部门间，后者处在监督“强势”地位。所以，最需辨析的是行政监督部门在招标投标活动中的角色定位问题。首先，什么是监督？监督，指对现场或过程进行监视□督促和管理□以使其结果实现预定目标。《招标投标法》第七条“有关行政监督部门依法对招标投标活动实施监督，依法查处招标投标活动中的违法行为”，前半句话含义即“监视”，后半句话即“督促和管理”，与第六十一条“本章规定的行政处罚，由国务院规定的有关行政监督部门决定。本法已对实施行政处罚的机关作出规定的除外”一致，即《招标投标法》明确载明行政处罚机关外的行政处罚事项，均由有关行政监督部门决定；其次，招标投标活动为什么要接受有关部门的行政监督？市场经济中，政府职责在于维护社会的公平、正义。招标投标活动中，行政监督部门的工作方式是“监视”，即监视招标投标活动参与人的行为是否符合法律规定，对那些违反法律规定的行为“督促、管理”，责令改正、进行处罚，以及对有违法行为的当事人事后参与招标投标活动进行管理，例如，《招标投标法》第五十四条对“弄虚作假骗取中标”行为情节严重的当事人，规定“取消其一年至三年内参加依法必须进行招标的项目的投标资格并予以公告，直至由工商行政管理机关吊销营业执照”，就属于行政监督部门管理职责。之所以这样规定，在于当事人违反法律规定的行为侵犯其他当事人合法权益，维护社会公平、正义的基本要求就是“守法获益，违法必惩”。

实践中，一些行政监督部门对招标投标与监督辩证关系的误解，对自己角色不清，直接影响了招标投标活动。主要表现在：一是不作为，对招标投标活动中的违法行为“视而不见”，或是当和事佬“抹稀泥”，致使一些违法行为得不到有效处理；

二是角色越位"胡作非为"，即打着"维护公平、公正"旗号，由"裁判员"直接介入招标投标活动，例如，一些行政监督部门颁发文件，采用不合理条件限制、排斥外地企业参与本地招标投标活动；要求招标人选择招标代理机构、中标人必须采用抽签、摇号等方式；对招标文件采用"审查、审批"代替备案；非法干预评标过程与中标候选人推荐、确定中标人等，有的以"保护地方利益"为由照顾本地区、本部门投标人，直接指定中标人或分包人，指定与其有利益关系的单位为招标代理机构等，非法干预、插手招标投标活动并从中获益。

"政府搭台，百姓唱戏"是社会主义市场经济体制优势的内在要求。《招标投标法》第八条规定"招标人是依照本法规定提出招标项目、进行招标的法人或者其他组织"，即招标人作为需求人，是进行招标的主体；第二十五条规定"投标人是响应招标、参加投标竞争的法人或者其他组织"，即投标人作为准供给人，是参与投标竞争的主体，并最终形成"需求与供给"关系。在这一市场交易过程中，如果招标人和投标人在守法交易，即符合法律规定的交易规则，无需人为干预，因为这时的人为干预即为非法干预；反之，如果当事人存在违法行为就必须人为干预，行政监督部门的作用恰在于此，即监督交易行为，对违法行为依法进行处罚和管理，这也正是《招标投标法》第七条的含义。

为此，《中共中央关于全面深化改革若干重大问题的决定》全面履行政府职能中明确要求"市场机制能有效调节的经济活动，一律取消审批，对保留的行政审批事项要规范管理、提高效率"，要"加强发展战略、规划、政策、标准等制定和实施，加强市场活动监管，加强各类公共服务提供"，《行政许可法》第十五条规定，地方性法规和省、自治区、直辖市人民政府规章，不得设定应当由国家统一确定的公民、法人或者其他组织的资格、资质的行政许可，不得设定企业或者其他组织的设立登记及其前置性行政许可。同时，不得限制其他地区的个人或者企业到本地区从事生产经营和提供服务，不得限制其他地区的商品进入本地区市场。招标投标活动中，进一步统一市场规则，行使"监督"职能，是各级政府贯彻中共中央决定，依法对招标投标市场监管的重要体现。

六、招标投标与社会进步

有竞争才能有发展，才能有进步，也才能有活力。自然竞争的目的在于"优胜劣汰"，市场竞争则在于推动社会进步，实现社会公平、正义。招标投标，作为市场经济中一种竞争方式，其宗旨在于"提高经济效益，保证项目质量"，即发挥市场在资源调节中的作用，实现费用最省和资源"效用"最佳配置，进而推动社会进步。所以，招标投标是社会进步的途径，而推动社会进步则是招标投标的宗旨。

招标投标推动社会进步在于市场竞争推动社会进步。首先，招标需求代表先进社会生产力。市场经济中，需求是供给的前提。这当中，“需求”指人们“物质和文化需求”，并非一成不变，而是“日益增长”的需求，代表着社会价值取向。《招标投标法》第十九条规定，招标人发出的招标文件应当包括招标项目需求，明确其“技术要求”，这种技术要求本身在一定程度上代表社会先进生产力而不是过时或淘汰技术；其次，投标竞争是投标人技术与管理能力的竞争，因为《招标投标法》第十九条要求招标文件公布评标标准和方法，即在所有满足招标“需求”的投标中，进行“商品效用择优”，这本身就是一种“优胜劣汰”过程，“失败是成功之母”，未中标的投标人为适应竞争，会研发或引进先进技术，改进生产工艺，采用现代管理手段以提升其市场竞争实力，进而推动社会生产力向前发展；再次，招标投标是国际上利用市场优化资源配置的通行做法，无论是外国企业到中国来，还是国内企业境外参与投标竞争，一定程度上会促使国内企业比较与国外企业间差距，促使其在企业技术进步、产品研发和人才战略等方面下工夫，进而推动社会生产力向前发展。

实践中，为什么许多招标投标“流于形式”？其根源就在于未能正确认识招标投标与社会进步的关系，以为其仅是一种交易选择中标人行为，这也是造成一些项目“评标标准”等同“游戏规则”，不符合“商品效用择优”的经济原则，因为采购择优的核心在于“标的”性价比和中标人履约能力，标的一定程度上代表其先进水平，履约能力则体现投标人实力。

故此，招标人“需求”要体现先进的社会生产力，倡导“优胜劣汰”，投标人“准供给”则应体现其技术和管理实力，“与时共进”引入先进技术和管理手段，提升其竞争能力；评标委员会客观、公正地对投标文件进行评审和比较，协助招标人从“准供给”中择优；行政监督部门依法对招标投标活动监督，维护招标投标市场秩序，保证社会公平、正义。

综上所述，招标采购是市场经济中利用市场的基础性调节作用，优化资源配置，进而保护国家利益、社会公共利益和当事人合法权益的一种经济制度，其宗旨在于通过竞争，合理配置市场资源并促进社会进步。而正确认识当事人间的辩证关系，则是推广招标投标适用领域，实现提高经济效益，保证项目质量宗旨的前提条件。

参考文献

[1] 毛林繁，从经济学出发，构建招标采购理论体系，政府采购信息报，2012-2-17。

[2] 毛林繁，深化行政审批改革，加强招标投标行业组织自律与服务，招标采购管理，4(2013)。

[3] 毛林繁，规范主体行为促进行业健康发展 – 谈招投标市场存在的问题及解决办

法，中国建设报，2013-3-1。

[4] 毛林繁，招标采购行为约束理论分析，招标与投标，1(2013)。

[5] 毛林繁，招标采购经济效用及择优分析，招标与投标，2(2013)。

[6] 毛林繁，招标采购项目风险分析与控制，招标与投标，3(2013)。

[7] 毛林繁、张俊，招标采购理论导引，中国建筑工业出版社，2013。

[8] 毛林繁、李帅锋，招标投标法条文辨析及案例分析，中国建筑工业出版社，2013。

招标采购项目风险分析与控制

摘要 招标采购项目风险，即招标采购缔约与履约实现采购商品过程中导致招标采购缔约不能、缔约无效或给项目进程、效率、效益、目标等带来不利影响的可能性。这当中，既包括缔约过程中对招标采购风险识别不足，以及当事人违反社会行为约束准则非法获取预期收益，还包括履约过程中自然、社会不利影响，以及当事人不诚信履约等因素形成的项目风险。本文拟在招标投标法律框架下，参照项目风险管理理论，从招标采购缔约和履约全过程分析招标采购项目风险成因、风险评价以及风险防范手段和方法，对招标采购项目风险预控与管理提供一些有益的探索。

关键词 招标采购、项目风险、缔约不能、缔约不当、履约风险、风险防范及处置。

Abstract. The risk in a bidding purchasing project appears in 3 cases in China, i.e., can not conclude a treaty, invalid treaty on laws of China or harmful results in the process, efficiency, benefit or the objective, including insufficient knowing on the risks in bidding and some participants violate code of conduct for income themselves by contrary to laws, and also these risks in the performance of the treaty caused by the nature or the society and bad faith of a few persons. Consulting the control theory of project risks, we analyze the cause, evaluation and propose means of prevention on risks in bidding purchasing project from the whole process of contracting and performing in China. All of these discussions are beneficial for project management of bidding purchasing in China.

Key Words: Bidding purchasing, project risk, can not conclude a treaty, incorrect treaty, risk in performance, risk control.

分类号: F21.

招标采购是市场经济中，利用市场的基础性调节作用，通过投标人间竞争优化资源配置，进行工程、货物或服务采购，进而实现提高经济效益，保证招标采购项目质量宗旨的一个过程，具有为实现既定目标而在一定期限、人员、资金等约束条

[1]《招标与投标》, 2013 年第 3 期

件下开展的具有一次性工作特点，有狭义和广义之分。狭义招标采购专指缔约过程，包括招标公告或投标邀请书发布、发售招标文件、递交投标文件、开标、评标和合同授予等六个环节；广义招标采购则指从招标采购开始至招标采购商品实现的全过程，既包括招标采购缔约过程，又包括合同履约过程，这与经济学中的消费行为一致，因为招标采购经济宗旨是提高经济效益，保证项目质量，完成缔约仅是达成供给协议，只有履约结束才能检验其经济宗旨是否实现。本文讨论的招标采购，均指广义招标采购。

一、招标采购项目风险

招标采购项目风险，即招标采购缔约与履约过程中，因某一事件发生可能导致项目损失的不确定性，即依法须重新招标或是缔约无效，或是招标采购履约没能实现其经济宗旨。

招标采购项目风险可分为以下三类：

第 1 类：招标采购缔约不能风险

招标采购行为须遵从招标投标法规定。招标采购缔约不能，即招标采购失败，依法不能产生中标结果形成缔约而须重新招标或是缔约了无效合同。对此，《招标投标法》规定：

第六十四条 依法必须进行招标的项目违反本法规定，中标无效的，应当依照本法规定的中标条件从其余投标人中重新确定中标人或者依照本法重新进行招标。

对应的，《招标投标法实施条例》规定：

第八十二条 依法必须进行招标的项目的招标投标活动违反招标投标法和本条例的规定，对中标结果造成实质性影响，且不能采取补救措施予以纠正的，招标、投标、中标无效，应当依法重新招标或者评标。

即依法必须进行招标项目的招标投标活动违反《招标投标法》及其实施条例的规定，对中标结果造成实质性影响，且不能依据原评标委员会提出的书面评标报告和推荐的中标候选人重新确定中标结果的，违反《招标投标法》及其实施条例的招标行为无效，违反《招标投标法》及其实施条例规定的投标行为投标，同时，违反《招标投标法》及其实施条例规定宣布的中标结果无效，应当依法重新组织招标或评标，即中标结果不具有法律约束力。

对招标人和中标人的签约行为，《招标投标法》规定：

第四十六条 招标人和中标人应当自中标通知书发出之日起三十日内，按照招

标文件和中标人的投标文件订立书面合同。招标人和中标人不得再行订立背离合同实质性内容的其他协议。

招标文件要求中标人提交履约保证金的，中标人应当提交。

本条规定自中标通知书发出之日起 30 日内，招标人应当与中标人按照招标文件和中标人投标文件的实质性内容订立书面合同，且招标人和中标人不得再行订立背离合同实质性内容，即中标通知书与中标人的投标构成的合同实质性内容的其他协议。同时，招标文件要求中标人提交履约保证金的，中标人应当按照其要求的数量和可接受担保形式提交。对应的，《招标投标法实施条例》对招标人和中标人的签约行为规定：

第五十七条 招标人和中标人应当依照招标投标法和本条例的规定签订书面合同，合同的标的、价款、质量、履行期限等主要条款应当与招标文件和中标人的投标文件的内容一致。招标人和中标人不得再行订立背离合同实质性内容的其他协议。

招标人最迟应当在书面合同签订后 5 日内向中标人和未中标的投标人退还投标保证金及银行同期存款利息。

《合同法》第五十二条规定存在下列情况的缔约无效：①一方以欺诈、胁迫的手段订立合同，损害国家利益；②恶意串通，损害国家、集体或者第三人利益；③以合法形式掩盖非法目的；④损害社会公共利益；⑤违反法律、行政法规的强制性规定。所以，招标投标活动当事人违反上述条款签订书面合同的，签订的合同依法无效。无效合同，除解决争议条款外，其他条款均无效，不再受法律保护。所以，招标采购当事人签订无效合同，其实质等同于当事人没达成协议即进入履约环节，此时招标采购风险最大，其合同支付须按中标人履约的” 合理花费” 支付，从而投标竞争产生的收益可能不复存在。例如，《最高人民法院关于审理建设工程施工合同纠纷案件适用法律问题的解释》（法释 [2004]14 号）对审理无效合同纠纷规定，建设工程施工合同无效，但建设工程经竣工验收合格，承包人请求参照合同约定支付工程价款的，应予支持；建设工程施工合同无效，且建设工程经竣工验收不合格的，按照以下情形分别处理：①修复后的建设工程经竣工验收合格，发包人请求承包人承担修复费用的，应予支持；②修复后的建设工程经竣工验收不合格，承包人请求支付工程价款的，不予支持。因建设工程不合格造成的损失，发包人有过错的，也应承担相应的民事责任。

第 2 类: 招标采购缔约不当风险

招标采购缔约不当，指招标采购缔约环节中，对项目履约条件，如项目范围、项目技术要求、场地、环境、气候条件的理解与变化，以及投标人利用项目履约条件

在其投标中设置陷阱等认识不足，以及对中标人不依据其邀约诚信履约防范不足，或是缺乏有针对性的防范措施而导致合同履约产生风险，例如，项目范围、技术条件、地质报告等存在不明确、缺漏或项目技术要求不明确，投标人采用“低价中标，高价索赔”策略，或是采用不平衡报价投标，而招标人没有在招标文件、评标或是签订书面合同等阶段进行有效防范，导致当事人签订的书面合同存在潜在履约风险等。

第 3 类：招标采购履约风险

招标采购履约风险，指招标采购履约环节中，因对项目缔约条件风险不识别，或是对自然和人为等主客观因素可能导致的合同履约风险不识别而导致招标采购没能提高经济效益，或是没能保证项目质量。例如，工程建设项目中，对地震、洪水等自然灾害造成的损失识别不足，对市场人、财、物政策性调价引起的费用变化，以及项目管理不善造成项目质量低劣等不识别而带来的项目财产损失和人员伤亡等。

二、招标采购项目风险成因分析及防范

（一）招标采购缔约不能分析

招标采购缔约的前提条件，是招标投标活动产生的中标结果有效。招标采购缔约不能，指招标采购当事人依法不能签订合同而须要重新招标，否则其缔约无效。对依法必须进行招标的项目，重新招标的法律规定有两类：一类是《招标投标法》及其实施条例中明令重新招标情形，如：①采取资格预审的，通过资格预审的申请人少于三个的应当重新招标；②资格预审文件、招标文件的内容违反法律、行政法规的强制性规定，违反公开、公平、公正和诚实信用原则，影响资格预审结果或者潜在投标人投标的应当在修改资格预审文件或者招标文件后重新招标；③投标人少于三个的，应当依法重新招标；④所有投标被否决的，应当依法重新招标等四类，另一类是当事人违反《招标投标法》及其实施条例规定，对中标结果造成实质性影响，且不能经直接纠正合同授予结果的，应当依法重新招标或评标。这当中，第 1 类情形明确，而第 2 类则针对《招标投标法》及其实施条例中的所有规定，特别是那些可能对中标结果造成实质性影响的规定。

现依据招标投标活动参与人行为，对第 2 类成因分析如下。

(1) 招标人行为致缔约不能

招标人违反法律法规规定对中标结果造成实质性影响且不能直接或未经评标纠正而导致依法缔约不能。主要有以下成因：

1）招标人以不合理的条件限制或者排斥潜在投标人，对潜在投标人实行歧视待遇。例如：①向潜在投标人或者投标人提供的招标项目信息不一致；②不按招标项目特点和履约需要设定的资格、技术、商务条件；③依法必须招标项目以特定行政区域或者特定行业的业绩、奖项作为加分或中标条件，或是非法限定潜在投标人所有制形式或者组织形式；④倾向或排斥某一个或某几个潜在投标人或投标人；⑤对不同的潜在投标人或投标人采取不同的资格审查或者评标标准；⑥强制要求投标人组成联合体共同投标；⑦以其违反公开、公平、公正和诚实信用的条件限制或者排斥潜在投标人或者投标人，例如公开招标项目不依法发布招标公告、招标文件或资格预审文件的发售、澄清、修改时限，以及资格预审申请文件、投标文件的提交时限不符合法律规定、接受应当拒收的投标文件等影响中标结果的行为。

2）招标人或者其工作人员与投标人串通，向他人透露已获取招标文件的潜在投标人名称、数量，泄露标底或者可能影响公平竞争的有关招标投标的其他情况且影响中标结果，例如，①开标前开启投标文件并将有关信息泄露给其他投标人；②直接或者间接向投标人泄露标底、评标委员会成员等信息；③明示或者暗示投标人压低或者抬高投标报价，为特定投标人中标提供方便；④授意投标人撤换、修改投标文件等串通投标行为等。

3）招标人或者其工作人员非法干预、影响评标过程与结果，例如：①不按规定组建评标委员会；②明示或者暗示评标委员会倾向或者排斥特定投标人；③三分之一以上评标委员会成员认为评标时间不够而不适当延长，导致无法评标或者无法获得正确的评标结果。

4）招标人违反法律法规规定确定中标人，例如，国有资金占控股或者主导地位的依法必须招标项目，招标人不依法确定第一中标候选人为中标人，或者在依法推荐的中标候选人以外确定中标人的，或者在所有投标被评标委员会否决后违法确定中标人等。

5）依法必须进行招标的项目，招标人及其工作人员与投标人就投标价格、投标方案等实质性内容进行谈判，影响中标结果的，例如，开标前招标人先行组织与潜在投标人的合同谈判，并按照谈判确定中标结果等。

（2）招标代理行为致缔约不能

招标代理机构是在其资格许可和招标人委托的范围代理招标业务的社会中介组织，其代理行为违反了法律法规规定对中标结果造成实质性影响且不能直接或未经评标纠正而导致依法缔约不能，如：①超越资格许可范围或超出招标人委托范围且

未经追认授权的代理；②知道代理事项违法而代理，且影响中标结果；③违法泄露应当保密的与招标投标活动有关的情况和资料的，或者与招标人、投标人串通损害国家利益、社会公共利益或者他人合法权益，影响中标结果的代理，例如在所代理的招标项目中投标、代理投标或者向投标人提供咨询等。

（3）投标人行为致缔约不能

投标人行为违反了法律法规规定对中标结果造成实质性影响且未经评标纠正而导致依法缔约不能。主要有以下成因：

1）投标人串通投标或者与招标人串通投标，例如，①投标人之间协商投标文件的实质性内容；②投标人之间约定中标人，或者约定部分投标人放弃投标或者中标；③投标人按照其利害关系人的要求协同投标以及其他联合行动等且影响中标结果。

2）投标人以他人名义投标或者以其他方式弄虚作假骗取中标，或者以向招标人及评标委员会成员行贿的手段谋取中标，或者非法干预、影响评标过程和结果，例如，使用通过受让或者租借等方式获取的资格证书投标，或是使用伪造、变造的许可证件投标，或是投标使用虚假的财务状况或业绩、伪造人员简历、劳动关系等故意造假行为，且影响中标结果。

3）投标人在投标截止时间后撤销投标、因不可抗力不能履行合同、不按招标文件要求提交履约保证金，或者被查实存在影响中标结果的违法行为等情形，致使招标人无法确定中标人，或是中标人无正当理由不与招标人订立合同，在签订合同时向招标人提出附加条件，或者不按照招标文件要求提交履约保证金等致使缔约不能行为。

（4）评标行为致缔约不能

评标委员会及其成员不依法履行法律职责，评标无效且未经纠正而影响招标人确定中标结果，致使依法缔约不能。主要有以下成因：①与投标人存在利害关系的人参与了评标；②未按照招标文件规定的评标标准和方法，对投标文件进行评审和比较；③私下接触投标人及其利害关系人；④对依法应当否决的投标不提出否决意见；⑤暗示或者诱导投标人作出澄清、说明或者接受投标人主动提出的澄清、说明；⑥收受投标人、中介人、其他利害关系人的财物或者其他好处；⑦向招标人征询其确定中标人意向；⑧接受他人提出的倾向或者排斥特定投标人的要求，以及其他不客观、不公正履行职务等且影响评标结果的行为。

对招标采购缔约不能，即招标人、招标代理机构、投标人和评标委员会可能导致招标采购失败行为，招标人应对相应行为进行分解，并按 A、B、C 分类进行管

理，这里，A、B、C 类行为分别指违反《招标投标法》及其实施条例规定无法律责任、有法律责任但不导致中标无效和导致中标无效等三类行为，例如，招标文件售价有微许营利，违反《招标投标法实施条例》第十六条规定，但法律责任中不包括这种行为，属于 A 类；招标人超过规定的比例收取投标保证金行为，有法律责任但不会导致中标无效，属于 B 类；招标人、招标代理机构违法泄露投标人信息，影响中标结果的行为，属于 C 类。注意，B 类行为影响中标结果的，同样导致中标无效，所以，对 A、B、C 的管理目标为：① A 类自律不违反；② B、C 类严禁违反。

（二）招标采购缔约不当成因分析

招标采购缔约依法按照招标文件和中标人投标文件的实质性内容签订书面合同。招标采购缔约不当，即招标采购当事人缔约时没能依据项目履约条件对风险有效防范，或是对中标人不按照其邀约事项诚信履约进行有效防范等情形。主要有如下成因:

（1）招标采购条件致缔约不当

《招标投标法》第十九条规定，招标人应当根据招标项目特点和履约需要编制招标文件，明确所有实质性要求和条件以及拟签订合同的主要条款，包括项目范围、技术要求、对投标人资格审查的标准、报价要求和评标保准等所有实质性要求和条件，以及签订合同的主要条款。这里，实质性要求和条件包括：①投标人必须响应的要求和条件，如投标保证金、投标有效期、投标文件格式、密封要求等；②中标人必须响应的要求和条件，如履约期限、质量目标、当事人的权利和义务等；合同主要条款指履约条件，包括履约范围、技术要求、履约外部条件、履约期限、地点、方式和违约责任等。必要时，招标文件发售前应组织有关专家对招标文件进行评估，以确保中标结果符合效用最优原则。

1）招标采购范围不准致缔约不当

招标采购范围是招标人购买的商品范围，也即中标人供给的商品范围。投标人对招标采购范围理解上的差异，或是借助招标采购范围界定的含混不清故意设置履约陷阱，常构成合同履约风险。所以，招标采购范围界定得越准确，其合同履约风险就越小。为此，制定招标采购商品清单，如施工、货物和服务招标中采用的工程量清单、货物供货及伴随服务一览表、服务事项一览表等，可以在一定程度上预防投标人在招标采购商品范围上做文章。

当招标采购商品清单中存在下列情形时，会造成缔约不当而带来履约风险：①商品采购清单不完整，存在缺漏项；②商品采购清单存在冗余商品；③商品采购清

单某一子目数量不准，与实际采购量间存在量差时，也会造成投标人采用不平衡报价，例如，单价合同中，对招标采购商品清单中提供的采购量少于实际需用量的，投标人调高投标单价，而对采购量多于实际需用量的，调低投标单价，进而造成缔约不当而形成履约结束后，招标人需多支付中标人费用等风险。

2）招标采购技术要求不清致缔约不当

招标采购技术要求有两层含义，一是从技术层面界定采购商品，例如工程施工招标采用的设计图纸；二是明确验收采购商品的技术标准，例如货物招标中的验收标准等。所以，招标采购技术要求是招标采购商品的技术属性，其要求清晰，则对应的采购商品就准确，反之，就会造成缔约不当风险。

当招标采购技术要求存在下列情形时，会造成缔约不当而形成履约风险：①技术要求存在错误或前后矛盾，例如，图纸对采购工程某一部位的设计，存在错误或在不同图纸上要求不一；②技术要求含混不清，仅有原则性要求而无具体指标、参数，例如成品药技术说明，一般仅有原则性描述、组分、适应症和禁忌人群等，其技术指标、配比则保密；③技术要求明确，但市场上满足技术要求的商品从性能、质量、花色和使用效果上千差万别，例如汽车、电冰箱、空调等，常存在品牌、花色、外观等差异；④商品验收标准不明确，例如无验收标准，或是采用作废的验收标准，以及需在招标采购中结合验收标准进一步明确有关要求而未明确的情形等。

3）招标采购外部条件不明致缔约不当

招标采购外部条件，即招标人提供中标人的合同履约条件，如工程建设项目招标中的场地条件、工程地形、地质和水文条件、地下、地上障碍物，如地下、地上需要保护的通讯电缆、管道、文物、古树等、相邻建筑物、构筑物、交通条件、水、电、通信条件、气象、潮汐、风俗习惯等，这些外部条件，直接关系到合同履约，一旦不明确，会直接造成缔约不当，引发项目缔约条件不明，进而形成履约风险。

4）投标报价要求含混致缔约不当

投标报价，即投标人出售商品的邀约价格，属于投标文件的实质性内容，一经招标人承诺则不得改变，故其需与采购商品一一对应，进而形成其使用价值与价值相符的经济结果。

投标报价要求存在下列情形时，会造成缔约不当而形成履约风险：①报价范围与采购商品不一致；②报价方式与商品计量方法不一致；③报价要求未采取有效措施防范技术要求不清的商品或子目，例如，将设计图纸仅有示意而无详细技术要求的设备纳入投标竞争等；④报价要求未对外部履约条件不明确事项进行防范；⑤对

币种、汇率变化未明确报价要求、处理准则等。

5）评标标准未择优致缔约不当

招标文件规定的评标标准，是招标人根据项目特点和履约需要制定的，旨在促使社会进步的“效用择优”标准，是约束评标行为的准则。

评标标准存在以下情形时，会使评标结果效用不是最优，进而缔约不当而产生履约风险：①评标因素不完整，依法应当在招标文件中公布的不公布，或是评标标准有错误，前后矛盾；②评标因素没细化，评标标准含混，存在歧义；③评标因素不恰当或是评标标准不准确，例如，评标标准不是以商品效用及其可靠性择优为目的，或是形式评审因素多，效用及其可靠性评审因素少等。

6）其他实质性要求和条件不完善致缔约不当

招标采购的实质性要求和条件，是中标人必须响应的。与此相对应的，是许可中标人投标出现的偏差的非实质性要求和条件。招标文件规定的实质性要求和条件存在以下情形时，会造成中标结果非效用最优而使履约产生风险：①实质性要求和条件不完整，即未包括对项目履约产生实质影响影响的所有要求和条件；②实质性要求和条件不准确，包括了对项目履约不构成风险的要求和条件；③对非实质性要求和条件，即许可偏离项目没能确定择优方法等。

对招标采购范围不准、技术要求不清、外部条件不明且纳入招标采购的，主要合同条款中应有对应的合同变更条件和价款结算方法，以防止投标人“低价中标、高价索赔”；对投标人不诚信履约，主要合同条款应有对应的违约责任和处理办法，例如，投标报价低于成本，投标人拟在中标后以项目要挟招标人增加费用、拖延工期等属于违约行为，应在合同条款中对其行为界定，增加违约责任等。一般地，要求中标人必须响应的实质性要求和条件，合同主要条件均需对应设置违约责任，以防止投标人中标后不诚信履约。

（2）投标行为致缔约不当

中标结果必须实质性响应招标文件的要求和条件，所以，投标行为致缔约不当，是在满足法律约束和招标文件实质性要求前提下，投标人分析招标文件及履约条件某些方面存在的缺陷而在投标文件中设置履约陷阱，进而缔约后产生其收益最大化的履约结果。

投标行为致履约不当有以下成因：①投标商品不实，存在效用夸大情形；②投标商品履约不能或存在履约缺陷，即不满足履约可靠性要求；③对招标采购范围界定不清、技术要求不明的，采取不平衡报价策略；④对招标采购外部条件不明的提

出履约先决条件，即招标人提供其载明的履约条件前提下投标人才受其要约约束；⑤对非实质性要求和条件，按最有利于其收益最大化方向投标；⑥利用招标采购履约条件缺陷，采用"低价中标，高价索赔"策略；⑦排名在前的中标候选人放弃中标而使相关人利益最大化；⑧利用多义、歧义词语投标，中标后按最有利其收益的词义缔约等。

对上述投标行为致缔约不当防范的核心在于招标文件需满足：①招标范围准确，技术要求清晰和项目履约外部条件明确；②报价内容与招标范围一致，报价要求明确；③评标标准和方法以商品效用最大化和可靠性为原则设置；④合同条款对招标范围、技术要求、履约外部条件存在的潜在不确定性，合同变更条件、履约义务以及违约责任等约定明确。

（3）评标结果致缔约不当

评标是依据招标文件规定的评标标准和方法，对投标文件进行系统的评审和比较，是招标人实现招标采购商品效用最大化的前置程序，与招标文件规定的评标标准、方法和投标文件有关，同时，还与评标委员会成员的职业素养和道德修养有关。

评标结果致缔约不当有以下成因：①招标文件规定的评标标准不是效用择优；②评标标准不完整、不准确，理解上存在歧义；③评标不负责，未对投标文件进行系统的评审和比较，对投标文件可能造成项目履约损失的，如投标人在投标文件中设置的履约陷阱等未依法要求投标人进行必要的澄清、说明与补正；④评标不客观、不公正，如评标委员会成员与投标人私下串通，故意倾向或排斥某一个或某几个投标人，致使评标结果不是真正意义上的最优；⑤评标不认真，如评标结果存在错误而未发现等。

对上述评标行为致缔约不当的防范，一是招标文件规定的评标标准和方法要完整、准确；二是加强评标技能培训和职业道德修养，使评标推荐结果最优，并指出其履约可能带来的风险，提醒招标人在与其签约时进行重点防范；三是加强对评标行为的依法监督，以确保评标委员会客观、公正地对投标文件进行评审、比较和择优。

（4）合同签订不当

合同签订不当，即招标人和中标人依法按照招标文件和中标人的投标文件实质性内容签订的书面合同存在先天缺陷，造成项目履约可能存在损失的情形，与招标文件、评标和中标人的投标文件，以及项目履约条件等相关。

招标人和中标人签订的书面合同不当有以下成因：①招标采购商品范围不准、技术要求不清，或者履约外部条件不明的，招标文件或当事人签订的合同中未进行

有针对性的范围、履约方式、价款约定；②未发现评标结果不合格而进行的合同授予；③未发现中标结果存在的履约陷阱，或是招标文件或当事人签订的合同中未进行有针对性的约定；④对中标人不诚信履约的，例如，施工招标中的拟派项目经理、主要机械设备不到场等行为，招标文件或当事人签订的合同中未对其有针对性约定，使中标与履约不一致；⑤对合同履约中的风险，招标文件或当事人签订的合同中未采取措施进行风险分配等。

招标人确定中标人前，应确认评标委员会推荐的中标候选人是否实质性满足招标文件要求，发现不满足的，即表明评标委员会没有依法履行法律赋予其的职责，须要求评标委员会依法推荐合格的中标候选人。招标人与中标人签订合同时，应逐一核对中标人的投标文件对招标文件中非实质性要求和条件的偏离程度，评估其对项目履约可能造成的风险程度，并列入合同谈判事项。这里需注意的是，对招标文件非实质性条件的偏离虽然可以列入谈判事项，但中标人可以不认可招标人的要求，并且招标人不能以中标人不认可其对非实质性条件的应答要求而拒签合同，否则招标人须承当相应的法律责任。所以，对那些招标人要求中标人必须满足的要求和条件，正确做法是纳入招标文件的实质性要求和条件，而不能留待双方签订合同时谈判。

（三）招标采购履约风险分析

招标采购项目履约风险有 2 种，一种是招标采购缔约不当形成的招标采购履约风险，另一种是履约过程中自然因素或人为因素导致的风险。这当中，自然因素导致风险指自然力的不规则变化导致的项目财产毁损或人员伤亡，如洪水、暴雨、地震、飓风等；人为因素导致风险指由于人类活动导致的项目履约风险，其成因包括：①行为风险，即组织或个人行为的故意或过失行为导致的项目财产损失或人员伤亡，如中标人转包或违法分包造成项目质量低劣等；②政治风险，即政局变化、罢工、战争等引起的社会动荡导致的项目财产损失和人员伤亡；③经济风险，即国家和社会经济政策变化，以及经营管理不善、市场预测、价格波动、供求关系变化、通货膨胀、汇率变化等导致的项目履约风险；④技术风险，即项目技术要求存在缺陷，或是与使用条件、环境、技术进步不一致而导致的项目财产损失和人员伤亡，例如工程设计方案不合理，缺设计优化，或是与施工技术进步不协调而无法实施，以及施工工艺落后等导致的项目履约不能或财产损失等；⑤组织风险，即项目几个利益人动机和利益驱使不一致导致的项目履约不协调或其他不确定性组织因素导致的项目目标实现不能，或是财产损失等。

对招标采购缔约不当风险的防范在于知晓缔约不当造成的风险因素及可能带来

的损失，一方面创造条件，使缔约不当风险因素不出现，另一方面是预防，即主动与中标人进行协商以达成共识，进而减少因缔约不当带来的损失。

对招标采购履约过程出现的风险防范，可以采取风险自留、风险减轻、风险回避或风险转移等处置方法：①对当事人可以自行消化、承受的风险，按照损失最小原则将风险分配给招标人或中标人承担，例如，招标采购商品清单中的漏项风险由招标人承担，但中标人在招标文件设定的风险范围内报价失误则由中标人承担等；②对通过变更项目计划可以消除风险或是减轻风险的，变更项目计划而回避或减轻风险；③对通过担保可以转移的风险，例如，工程履约担保、信用担保、建筑工程一切险、职工意外伤害险等，将项目风险转移给担保人或保险公司。

三、进一步讨论

招标采购作为一种市场竞争交易制度，其交易理念已深入人心，并在我国经济建设中发挥了越来越重要的作用，但同时我们也应看到，招标采购制度也不是万能的，其发挥作用的前提是采购商品范围准确、技术要求清晰和履约外部条件明确，且交易人自觉遵守社会行为规范进行交易，反之，则可能形成超出当事人直接缔约风险范围的招标采购风险。

1. 招标采购风险包括依法缔约不能、缔约不当和履约风险三类，远较一般合同风险范围广泛。这当中的核心在于招标采购人员的业务素质和职业道德，特别是标采购全过程风险识别、评价和风险处置能力。为此，招标采购人员既要熟知招标投标法律法规对当事人的行为约束，还需掌握招标采购项目管理及风险评价与防范手段和方法，进而才能使招标采购制度在我国经济建设中发挥进一步作用。

2. 招标采购既然是一种交易，交易结果就与交易人的行为相关。一种是风险过失行为，即对法律法规等行为约束不知晓，或是对招标采购缔约与履约中的风险不知晓，进而形成潜在事实风险；另一种是风险故意行为，即借助招标采购形式掩盖非法交易目的，或是故意设置陷阱而造成履约风险。对风险过失行为，可以通过增强招标采购风险识别能力和风险处置技能训练，进而在招标文件、评标和合同授予等过程中有针对性的进行防范。这里需要注意的是，虽然法律法规执行是依靠国家强制力保障的，但只有在监督发现行为人违法事实时，才可借助国家强制力对其进行约束，这就犹如“猫抓老鼠”。有道是“道高一尺，魔高一丈”，所以单纯依靠法制建设，依靠行政监督规范招标投标行为，防范招标采购风险的思想并不能彻底解决风险故意行为，例如“投标人不得与招标人串通投标，损害国家利益、社会公共利益或者他人的合法权益”、“评标委员会成员不得私下接触投标人”等规定，只有在

于当事人愿遵从这些规定时才能发挥其应有作用。

3. 招标采购行为人需遵从社会行为规范，即文化、习俗、道德、政策、纪律和法律的约束。老子在《道德经》第十九章说到“绝巧弃利，盗贼无有”，第五十七章又说到“人多伎巧，奇物滋起；法令滋彰，盗贼多有”，而招标采购正好是一种伎巧，其当事人希望借助于这种伎巧获得收益。所以，规范当事人行为，防范招标采购风险的核心在于行为人“诚实守信”和健全“守信获益，失信受惩”的社会约束机制，在“德治”基础上完善招标投标法制建设，进而才能促使招标投标事业健康发展，这也是当下社会管理中的一个核心问题。

参考文献

[1] 马德顺，项目管理现用现查[M]，北京: 中国建材工业出版社，2004 年。
[2] 毛林繁，推动招标投标市场不断走向规范 [N]，中国建设报，2009-01-24。
[3] 毛林繁，深化体制改革，系统构建招标投标市场运行机制 [EB/OL]，北京：求是理论网，2011-02-28，http://www.qstheory.cn/lg/zl/201102/t20110228_69927.htm
[4] 毛林繁，工程建设项目招标采购理论与实践[M]，Rehoboth: American Research Press, USA, 2007。
[5] 毛林繁，从经济学出发，构建招标采购理论体系 [N]，政府采购信息报，2012-02-17。
[6] 毛林繁，规范主体行为，促进行业健康发展 - 谈招标投标市场存在的问题及解决办法 [N]，中国建设报，2013-03-1。
[7] 毛林繁，招标采购行为约束理论分析 [J]，招标与投标，2013 年第 1 期。
[8] 姚建宗，法理学：新世纪法学创新教材大系[M]，北京：科学出版社，2010。

城市动态模型、公共服务治理与第三方评估

摘要 中国几十年城镇化促使了经济的突飞猛进，但与此同时也带了一些列诸如住房、交通拥堵、环境污染、水灾、心理疾病等城市病。那么，怎样实现人与自然协调发展呢？本文采用生态动力学方法，基于天人合一思想构建了城市运营与管理的拓扑动力学模型，给出了城市治理评价指标体系，指出 PPP 宗旨是促使政府职能调整与转变。

关键词 城市动态模型、城市治理现代化、评价体系、PPP 宗旨。

Abstract Chinese urbanization has obtained great progress, promotes the economic development of China in the past years. However, more urban diseases also appear in the meantime such as those of housing, traffic jam, pollution, flood, mental disease etc. problems in the rapid growth of urban population. Then, *how can we realize the developing of human beings with that of the nature*? In this paper, we establish a dynamic model on the operation and control of urban by the notion that human beings should be harmony with the nature, and also present the evaluation index system on urban governance of modernization. It also points out that the PPP is in fact a market mechanism for the adjustment and transformation of government of China in this paper.

Key Words Dynamic model of urban operation, urban governance for modernization, evaluation system, PPP's objective.

分类号: F22.

科学研究以问题为导向。当我们研究一个问题的时候，构建一个科学合理的模型进行研究，是研究的首要工作。对于国内的大中型城市应当构建一个什么样的科学或数学模型进行研究呢？从力学、相互作用系统和生态学看待一个城市，城市是一个动态的生态系统，我们可以采用生态动力学系统来定量研究城市运行中的一系列问题，进而对城市的投资、建设、运行进行系统管理，实现人与自然协调发展。

所谓的城镇化，就是人口大量向城市集这样一个过程。这就势必造成城市人口

[1]2016 年 11 月 26 日在“中国城市治理与 PPP 发展论坛”上的报告

数量集聚增长，而乡村人口减弱。

中国城镇化从 1978 年开始到现在，已经有一些统计数据可供参考。1978 年的城镇化率只有 17.92%，可是到了 2015 年，全国城镇华率达到了 56.1%，城镇常住人口达到 77116 万，与此同时乡村人口减少了 1520 万 (图 3.7.1)。当然，城镇化率在不同的省份还有差异，比如说安徽，安徽在 2015 年城镇化率高于全国平均城镇化率的，同样对应的广西，广西的城镇化率低于全国的平均水平。

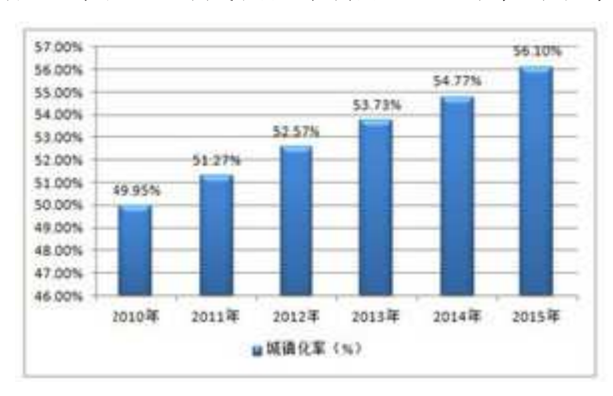


图 3.7.1

再看一下世界及其他国家的统计数据。2000 年，世界的城镇化率是 48%，美国是 79.1%。到了 2015 年，中国人很自豪说是中国的城镇化率超过了世界平均城镇化率，因为 2015 年的时候，世界平均城镇化率是 54.9%。美国在 2000 年的时候 79.1%，也就是它在 15 年中间，它的城镇化过程相比中国要慢得多，因为大量的城镇化过程它在 2000 年以前已经实现了。

但与此同时，城镇化高速发展也带来了一个问题，就是对于中国城镇化，政府或城市管理者是不是准备好了，社会公民是不是准备好了？我们的管理能力、管理体系和治理机构是不是已经满足大规模城镇化的需求了？答案是否定的！

首先是人与自然协调发展问题。这些年，在城镇化进程在看到的最严重问题，也就是做让人揪心的问题就是环境污染问题。那种认为中国可以高速实现城镇化的思想基于一种错误思想，就是自然对人类的一切活动都可以包容，答案当然是否定的，由此带来的一定是自然惩罚；其次，城镇化以后，社会高负荷运转，是不是完全满足社会公民基本要求了？当然没有！就得问题在一定程度上得到了缓解但新的问题层出不穷。如果满足了社会公民需求，今天就不会看到大量存在的社会问题，不会看到大量的城市病。

要解决这一问题，答案就是需要按照中央的指示，提高治理体系和治理能力，推动治理体系和治理能力的现代化。

我们简单回顾一下这些年在高速城镇化的过程当中出现的一些城市病。

第一个是土地问题。土地问题直接表现大家可以看这个片子，一个是可耕种土地减少，土壤污染和荒漠化严重（图 3.7.2）。



图 3.7.2

第二个是住房问题。大批量的人涌现城镇以后必然带来住方的需求远远不够。前段时间媒体爆出一个笑话。说北京有一个上市公司，10 年来一直亏损，结果后来卖了 2 套房，公司立刻就转亏为赢。这是中国经济的悲哀，就是实体经济不如虚拟经济，不如概念炒作，扶起了葫芦按倒了瓢，经济发展不均衡，结构不合理，说明最近这些年经济政策导向除了问题，没有实体经济，虚拟经济始终是空中楼阁。

第三个是交通拥堵。堵车成了一个负面词（图 3.7.3）。有一次我到一个城市去，当地说堵车，我说好象你要堵车还算是 “现代化城市”。经济发展好了以后不堵车，在当今中国还真说不过去了！这是对当下经济的一种新辣的讽刺，不正常，不是一个社会正常发展应有的结果。



图 3.7.3

带来的问题就是城市管理问题：城市应急怎么办，城市抢险救灾怎么办？城市应急处理怎么办？这都当前国内城市面临的突出问题！

第四个是环境污染问题，大家看看下面的图片，无论是水域、土壤，还是空气，污染都很严重，可以说是触目惊心。此外，还有噪音、放射物污染等。




图 3.7.4

这些年水灾水患也频发。拒不完全统计，2016 年上半年的水灾损失非常严重，全国有 26 省（区、市）1192 县遭受洪涝灾害，受灾人口达 3282 万人，直接经济损失约 506 亿元。其中，武汉、邢台、新乡、海口等城市降雨中呈现了“出门见海”、“洪水肆虐”场面，给城市水域减灾治理再次敲响了警钟。雨水本是上天赐给人类的恩惠，但是偏偏今年的雨水形成了灾害，30 年一遇。什么原因，说明我们在城市治理里面体系和能力远远跟不上时代和社会的的变迁。城市水域治理项目一般属于涉及公共利益、公共安全项目，其资金以往主要来源于公共财政，按计划逐年拨付进行水域治理，但我们在经济高速发展的同时，城市基础设施投入及城市抗灾能力严重不足，给人民生命和财产造成极大损失。

第五个是身体健康问题。一方面由于污染造成的，再就是由于社会生活高度紧张造成的，也就是城市人群的亚健康；还有就是食物中毒、农药残留等等这些问题，都需要我们去关注的。





图 3.7.5

为什么会出现这些上述这些状况，一个直接原因就是经济发展违背了科学规律，片面追求经济经济效益，导致人类发展与自然失衡所致。

党的十八届三中全会公报中有这样一段话，说要坚持社会主义市场经济的改革

方向，以促进社会公平正义，增进人民福祉为出发点，解放和增强社会活力，坚决破除各方面体制机制弊端，努力开拓中国特色社会主义事业更加广泛的前景。

2015 年中央城市工作会议实际上是在扭转我们过去 10 多年城市粗放发展的弊端。它说，城市发展是农村人口向城市集聚农业用地按相应规模转化为城市建设用地的过程，人口和用地要匹配，城市规模要同资源环境承载能力相适应，这个环境承载能力很多年以来让大家遗忘到了脑后，说必须认识尊重顺应城市发展规律，端正城市发展指导思想切实做好城市工作。

这样的理念才是城市发展的正确理念，其核心在纠正中国过去 10 多年城市粗放型发展导致的城市病，因为城市病在越来越加剧。

2015 中央城市工作会议给我们指明了城市发展方向，那与此同时我们就有一个问题了，城市应是一个什么样的运行状态，怎样刻画其特征？从数学、力学以及生态学看，城市是一个动态的生态系统。关于系统，2015 年中央城市工作会议明确说，城市工作是一个系统工程，要以人民为中心的发展思想，发展方向要坚持集约发展，框定总量，限定容量，盘活存量，做优增量，提高质量，要立足国情，尊重自然，顺应自然，保护自然，改善城市生态环境，这个提法的实际上是要求与自然协调发展。

城市作为一个动态的生态系统，有输入端，例如，人流、车流、食品、蔬菜，还有生活必需品的输入，同时，还有一个输出端，即人类生活产生的废品、废弃物、垃圾，包括废气、固体等废弃物。

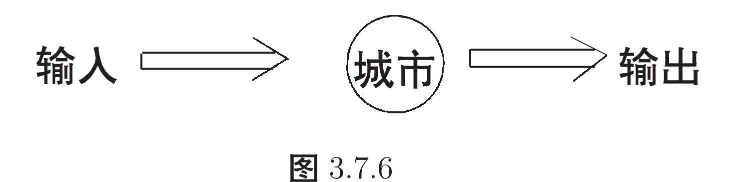


图 3.7.6

什么叫做人与自然协调发展？从科学上看，实际上它就是要求物质守恒。那么，人类活动怎么与自然守恒？当然，得先清楚人类活动对自然环境的侵害程度。

这些年，很多人在研究生态环境。讲到一个城市或者说采用数学刻画城市这个生态系统的时候，城市或者其区域可以抽象看成一个孤立的几何点，它的输入跟输出两者不一定相等，但是它的总合是一致守恒的，等于 0，如图 3.7.7 所示。

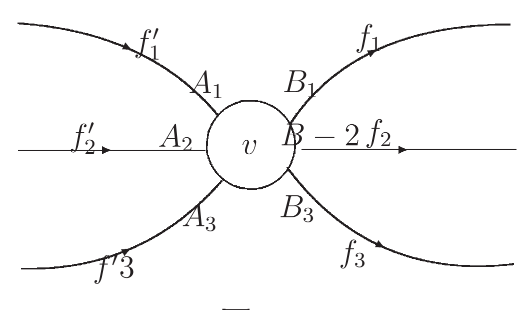


图 3.3.7

满足 $A_1(f'_1)+A_2(f'_2)+A_3(f'_3)=B_1(f_1)+B_2(f_2)+B_3(f_3)$，这里，图片上还有一些字母 $A_1, A_, A_3$ 和 B_1, B_2, B_3，数学上称之为算子，可能是线性的，也可能是非线性的。举个例子，一个吃了 100 斤食物，他排泄出的粪便不是 100 斤，这当中有一个化学反应过程，但其输出物，包括粪便、尿液，以及呼出的废气等总量一定是 100 斤。

同样观点可以用来看待城市。大家知道，一个城市常划分为许多区，区与区之间有路网、管道、河道，以及其他连通设施，物质、能量处在流动状态。不管是物质、能量，还是信息，可以简单看成是一个空间流量，满足在节点，即城市的区域上守恒。图 3.7.8 上的两个黑圈，一个圈代表的是自然，还有一个黑色的圈你可以看成，比如说一个城市发展的时候需要从外界引入多少资源，同时输出多少废弃物这样的概念。

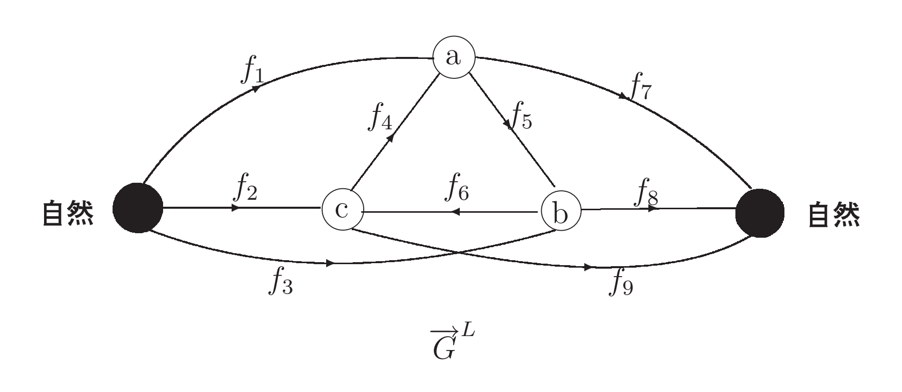


图 3.7.8

这样一种结构在数学里称之为拓扑图，其空间图上点跟点之间的连线上带有一定的流量。对这样一种结构，数学上可以严格证明，它构成是一个严格意义上的 Banach 空间，甚至是 Hilbert 空间。数学学的好一点的人就会知道，研究工程类或者是经济类问题，当得到了一个希尔伯特空间后，传统的数学工具就全部可以应用

了。于是我们就得到城市发展的一个微分方程，因为有了这个方程，你就可以借助它重新刻画满足自然守恒的城市发展规律

$$\begin{cases} \frac{d\overrightarrow{G}^L}{dt} = f\left(\overrightarrow{G}^L\right) \\ \overrightarrow{G}^L\Big|_{t=t_0} = \overrightarrow{G}^{L_0}. \end{cases}$$

那么，什么是城市增长率？大家都知道 GDP 增长率，它是一种数据加和产物。实际上，大量的经济数据是不能加和的，因为数据之间是有一定逻辑关系，加合以后就变成了谁也说不清楚的概念。比如说今年 6.5% 是总量增长，其中不考虑量跟量之间的自然逻辑关系的。

实际上，增长率应该满足人与自然的协调发展。那么，这样的增长率是什么，怎样刻画？实际上，增长率就应该对城市这个空间模型 $\overrightarrow{G}$ 求微商，这就是满足人与自然协调发展条件下的经济增长率。

在这种城市治理观点下，就一定不会出现大量的，比如说商品住宅卖不出去，不会出现大量的报废品。现在房地产市场上之所以出现大量库存，说明打下经济发展方式是粗放的，不满足人与自然协调发展，不满足居住需求与商品房供给的这种自然守恒关系，属于片面最求经济收益，忽略了人与自然协调发展这一基本理念所致。

谈到城市公共服务第三方评估机制与 PPP 资本合作的城市治理，首先，需按照中央城市会议的精神 2015 年的，要全面贯彻依法治国方针，依法规划建设治理城市，促进城市治理体系和治理能力现代化，要健全依法决策的体制机制，把公众参与、专家论证、风险评估等确定为城市重大决策的法定程序，要完善城市治理体系提高城市治理能力，着力解决城市病的突出问题，不断提升城市环境质量人民生活的质量。

中办、国办 2014 年颁布了《关于加强中国特色新型智库建设的意见》(中办发[2014]65 号)，要求完善重大决策意见征集制度，涉及公共利益和人民群众切身利益的决策事项，要通过举行听证会座谈会论证会等多种形式，广泛听取智库的意见和建议，增强决策透明度和公众参与度，鼓励人大代表，政协委员，政府参事，文史馆员与智库开展合作研究，探索建立决策部门对智库咨询意见的回应和反馈机制。要建立健全政策评估制度，除涉密及法律法规令有规定外，重大改革方案，重大政策措施，重大工程项目等决策事项出台前，要进行可行性论证和社会稳定环境经济等方面的风险评估，同时，重视对不同智库评估报告的综合分析比较，加强对政策执行情况，实施效果和社会影响的评估，建立有关部门对智库评估意见的反馈公开运用等制度，健全决策纠错改正机制，探索政府内部评估与智库第三方评估相结合的

政策评估模式，增强评估结果的客观性和科学性。

这里说的第三方评估，指的是按照中办、国办上述文件精神成立的国家新型智库的评估。

城市治理现代化评估涉及以下两个方面：

第一个方面是城市既有系统的评估。我们原来有一些既有管理系统，特别是垂直管理系统，如水利的管水利，建设的管建设，对既有系统需按照城市治理现代化的需要开展评估，进行改革；

第二个城市的综合综合评估。城市的核心是城市体系满足增进人民福祉的要求，体系本身是各子体系之间相互融合，共同推进城市的发展，实现城市宗旨。

例如，对城市有一些基本的评估事项如下:

1. 城市或者系统可持续发展。一个城市是不是可持续发展，其管理系统是不是可持续发展，这当中的核心就是资源开发与可持续性相匹配；

2. 城市或者是系统治理体系与能力。管理体制，现在一说管理体制都是政府管理体制。城市治理本身讲的是社会共治，即政府、社会、公民三者共治这样的一个体系。为此，首先是城市管理体系是不是三者共治，特别是社会公民的参与、决策是否得到了充分发挥，即体系满足不满足；其次是体系中的每个人、每个机构参与城市管理是不是得到了充分发挥，还是政府大包大揽；

3. 公共服务供给效率。城市运行中，不管是交通、供水、供电、供气状况，还是城市的名片，如指示牌、标识等，即供给效率满足不满足社会公民需要；

4. 城市和系统的决策机制，效率和透明度；

5. 企业或者是社会的反馈。

实际上，不同城市是满足与自然相协调发展这样的一种拓扑结构。不同城市有自己的特点，要先建立这中拓扑结构，即数学模型，进行数据对比和分析，并依城市发展进行动态调整，引导城市发展。

举例来说。城市可持续发展指标与城市开发有关系。正常满足节点守恒或者是物质守恒的城市发展状态的模型相关数据可以经过统计处理获得。然后，可以计算每一个节点或每一个板块上的冗余量 $R(v)$ 并对整个城市的冗余量加和如下：

$$\eta\left(\overrightarrow{G}\right)=\sum_{v\in V(\overrightarrow{G})}R(v)$$

然后，计算城市 NHI 指标

$$NHI\left(\overrightarrow{G}\right)=\frac{\eta\left(\overrightarrow{G}\right)}{\sum\limits_{(u,v)\in E(\overrightarrow{G})}f(u,v)}.$$

NHI 指标越大说明城市运行与自然越越不协调，它是一个负指标。

城市治理离不开共治，那既然离不开共治大家知道，我们现在在国家极力推崇的政府和社会资本合作，或者是资本合作 PPP 机制，可能还跟国有企业合作。那资本合作是一个什么机制，资本合作实际上是一个通过市场机制反向制约，来分析研究城市整个治理体系和治理能力满足不满足要求。此前财政部给出的 PPP 项目流程由五个环节十九个步骤构成。

PPP 模式实际上是一种市场机制，它的宗旨是推动政府职能转变：

首先，PPP 本身是一种市场倒逼的方式，哪些需要政府放权，哪些是政府跟社会资本合作更有利于市场发展，实施这样一种机制后可以推动政府职能转变，划清政府与市场的边界。

其次，PPP 推动政府提高行政效率和提高行政能力，就是倒逼政府的管理机构，如果一个机构管理的事项可以与社会资本合作提供，就可以通过政府购买服务来提供，同时，精简政府在编人员，提高人员的职业素质和道德素养，然后有效治理传统行政管理里面政府的越位、缺位和错位等问题，提高办事效率，因为市场经济首要的是效率。

再次是缓解公共财政的支出压力，进一步减少政府管理经费的支出，减轻公共财政压力，从而降低全生命周期类的公共财政支出，进而增加了公共产品和服务的供给能力，这才是国家采用 PPP 机制的初衷，即实现国家治理体系和治理能力现代化。

公共产品与服务供给侧改革的市场机制 – 资本合作

摘要 深化经济体制改革的核心在于公共产品与服务的供给侧改革，本文对这一改革的市场机制，即 PPP 资本合作与行政治理现代化，结合中国特色和一些国际经验进行了细致分析，给出了市场规则建议，同时，指出了在现行法律制度下，这一制度市场运作隐含的各类风险。

关键词 公共产品、公共服务、PPP 机制、市场规则、风险。

Abstract The essence in the deepening economic reform of China is the supply-side reform on public goods and services in recent years. In this paper, we discuss one of its market mechanism, i.e., the PPP on the administrative governance combining with Chinese characters and experience in other countries, present some suggestions on its market ruler. We also remaind risks of PPP's operating under Chinese laws update.

Key Words Public goods, public service, PPP mechanism, market ruler, risk.

分类号: F21.

资本合作是混合所有制的一种资本表现形态，包括公共资本与公共资本、公共资本与私营资本间、私营资本与私营资本，即民营企业间资本合作。其中，公共资本间、公共资本与私营资本，又称为公共资本与社会资本合作主要用于基础设施和公用事业领域，其宗旨是发挥市场机制提高公共产品和公共服务供给能力与效率，满足人民群众日益增长的物质文化需要，正确处理政府和市场的关系，在一些资本主义国家有着成功运行的经验，但这些国家政体、经济体制和文化与我国有着本质差异，单纯的“拿来主义”不一定能够奏效；对应的，私营资本合作是市场经济中企业间主要合作模式，无需多议。为此，本文结合我国经济体制改革成果，对资本合作机制的理念、做法，结合中国人文习惯，分析其在推动公共产品与服务供给侧改革、政府职能转变中的积极作用、适用范围及规范事项，探讨其可能隐含的社会风险及防范措施，进而完善行政结构治理，促进高效廉洁的法治政府建设。

[1]《招标与投标》，2016 年第 10 期

一、公共产品与服务供给侧改革

公共产品与服务相对于私人产品与服务而言，具有消费或使用上的非竞争性和非排他性，其特点是一些人的消费或利用不会影响他人对它的消费，同时，一些人对这一产品的利用，不会排斥另一些人对它的利用，即具有社会公共属性。然而，市场主体参与市场经济活动带有明确的目的，以在满足社会需求的同时，追求自身利益最大化，其本质特征是盈利，以盈利为其最终目的。故此，社会管理结构中，公共产品与服务的支出职能来源于财政税收二次分配，即由政府或代表社会公益的社会团体提供，以满足社会运行需要。

在这种公共产品与服务供给方式中，供给人的专业素质与道德素养就成了是否能够形成有效供给，满足人民群众日益增长的物质文化需要一个重要前提，因为收益多少、服务好坏与供给人没有直接利害关系，易出现以下问题：

问题 1. 服务滞后、财政支出超概。首先，公共服务项目一般按计划分年投资、建设，财政压力大，资金效率得不到有效发挥，易造成公共服务滞后；其次，费用超支超概严重。虽然项目投资控制采用投资估算大于设计概算，设计概算大于施工预算原则，但这仅在理论上成立，实践结果与此恰相反，往往是竣工结算大于施工预算，施工预算大于设计概算，设计概算大于投资估算；类似地，运营费用采用年预算控制，但”事不关己高高挂起”，责任缺失或职业道德低下，造成年预算费用时有增加，投资、运营费用控制难。

问题 2. 供给能力不满足社会发展需要。一方面，因财政公共支出有限，公共服务项目不能及时投资并发挥功用；另一方面，人、财、物加之专业素质限制，供给人单方面提供的公共产品与服务与社会需求并不一定完全匹配，”皇帝的女儿不愁嫁”，提供什么服务就是什么服务，没有选择，也没有市场激励。

问题 3. 服务效率低。一些项目竣工时间及服务提供时间一拖再拖，公共设施故障响应滞后，不能及时抢修，这与项目前期准备工作和事故应急处置不到位有关，更与供给人与公共服务没有直接利害关系有关。

实际上，政府供给并不意味着政府或其指派的社会团体直接供给。即便在我国经济体制改革前，大多数公共产品与服务也是由国有企业供给，那时的国有企业称为“国营企业”，是政府提供公共产品与服务的代表。

值得注意的是，我国经济体制改革，特别是”政企分开”实质是解除政府与其所办企业的行政隶属关系，与其自身行政职能分离，并通过企业完善现代企业制度，实现企业自主经营、自负盈亏，即供给由政府提供改革为企业供给。党的十八届三中全会通过的《中共中央关于全面深化改革若干重大问题的决定》进一步要求，要

加大国有资本对公益性企业的投入，对国有资本控股经营的自然垄断行业，要实行“政企分开、政资分开、特许经营、政府监管”，推进公共资源配置市场化，破除各种形式的行政垄断。这方面一个典型例子，就是原中华人民共和国铁道部撤并后，对其国有资产剥离后组建的中国铁路总公司，对全国铁路进行投资、建设和运营，即为“特许经营”；再比如对市政公用设施的改革，包括雨水、污水排放、路灯、道路、桥隧、防空等设施，改革前是”国营”，改革后其建设、运营、维护等活动特许给了一个或数个国有企业，但其投资在党的十八届三中全会前，仍由公共财政承担。

二、国家治理现代化

国家治理现代化的核心是构建一个相互协调系统，使其要素间、要素与整体间关系协调，科学为指导，分工协作，最终实现要素性能最大化和系统功能最优化。党的十八届三中全会指出，全面深化改革的总目标是完善和发展中国社会主义制度，推进国家治理体系和治理能力现代化，包括正确处理国家与社会、政府与市场、市场与社会三者间的关系，其核心是正确处理政府和市场的关系，更好地市场在资源配置中的决定性作用，以及政府作用宏观调控职能，大幅减少政府对资源直接配置，推动其按市场规则、价格和竞争实现效益最大化和效率最优化。

正确处理政府和市场的关系是构建一个完善的市场经济体制前提。改革开放以来，政府与市场的关系问题在一定程度上已得到有效治理，公共产品与服务的供给原由政府或国营企业提供，逐渐转变为由完成现代企业制度改制的国有企业供给。但时至今日，市场体系、规则不完善，市场竞争不充分，政府权力大、审批事项杂，非法干预、插手市场经济活动和市场监管不到位等“越位、缺位、错位”问题仍比较突出，职业道德缺失、失信行为严重，部门、地方和团体利益保护等影响经济运行行为大量存在，政府管理在一定程度上落后于社会发展，不能满足国家现代化发展需要。为此，政府必须从市场经济中一些微观事务中剥离出来，坚持”有所为，有所不为”，着力提高其市场宏观调控与管理水平。

为此，《中共中央关于全面深化改革若干重大问题的决定》中，对政府职能转变给出了改革方向，即要“加强发展战略、规划、政策、标准等制定和实施，加强市场活动监管，加强各类公共服务提供”，为此，需要进一步加快政府职能转变，最大限度地减少政府微观事务管理，特别是市场机制能够有效调节的、市场主体能够依法自主决定的、行业组织或者中介机构能够自律管理的，都应当退出，同时，优化机构与职能，完善决策、执行和监督机制，构建法治政府。

正确处理政府与市场关系，特别是公共产品与共公共服务供给侧改革，其实质是对那些自然垄断行业实行“政企分开、政资分开、特许经营、政府监管”，深化国

有企业改革，鼓励国有资本、集体资本、非公有资本等交叉持股、相互融合的混合所有制经济，即资本合作（PPP），为此，需要准确界定不同类别国有企业的功能，同时，按党的十八届三中全会精神，国有资本要加大对公益性企业的投入，在提供公共服务方面作出更大贡献。所以，资本合作实际上是构建政府或国有资本与其他资本混合所有制的一种资本表现形态。

三、资本合作与行政治理现代化

1. 资本合作经济学基础

西方经济学认为，在公共服务领域中，公共部门与私营部门间存在一种满足公共需求的关系，即资本合作（PPP）模式，其合作以市场经济为基础，利用私营部门效率和逐利宗旨，可以将本应由公共部门提供的一些公共服务项目，按物有所值原则择优选择私营部门进行融资、建设或运营，代为提供公共服务并让这些私营部门从中获得一定的市场收益，承担相应的市场风险，以降低项目全生命周期财公共政支出和风险，弥补公共财政或公共服务供给能力不足。为此，合作双方签署契约，在约定期限内实现优势互补、合作共赢，期满后续约或是将项目移交给公共部门，以实现资源有效配置，并最大限度地满足社会公共需求。

英国、美国、法国等资本主义国家提出并成功使用的资本合作（PPP）模式，主要包括：① O&M 模式。公共部门委托私营部门负责已有项目运营、维修和养护；② DBFT 模式。私营部门负责项目规划、投资、建设，经营期满移交公共部门；③ TOT 模式。公共部门将拥有的项目、设施移交给私用部门运营，收取一定的转让费，运营期满移交公共部门；④ BTO 模式。私营部门融资、建设，完工后将设施所有权移交给公共部门，公共部门再将经营权授予该私营部门长期经营；⑤ BOT 模式。公共部门规划公共服务项目后，由私营部门融资、建设、运营，期满后再移交给公共部门；⑥ BOOT 模式。公共部门规划公共服务项目后，私营部门融资、建设、拥有并运营，运营期满后移交给公共部门；⑦ ROT 模式。在 TOT 模式基础上，私营部门进行改建、扩建、运营，期满后移交给公共部门；⑧ DBFO 模式。私营部门对项目进行规划、融资、建设、运营，期满后移交给公共部门。上述资本合作模式可作为我国资本合作模式参考。

2. 公共资本与公共部门

公共资本即国有资本。在我国，代表公共资本的组织或机构有 2 类。一类是政府，另一类是占有国有股份的企业，包括国有独资企业、国有控股、参股企业等。这些国有独资或控股、参股企业中，一大部分由我国经济体制改革中”政企分开”而

来，按照“政府特许”方式运营项目，提供公共产品与服务，特别是交通运输、能源、邮电通讯、水利、城市基础设施等基础设施项目，以及市政公用、教育、文化、医疗等公用事业项目。

公共部门是以社会公共利益为目标，管理公共事务，提供公共服务的组织。公共部门在西方资本主义国家专指政府，但在我国，公共部门还包括提供公共产品与服务的国有企业、对原国有企业按混合所有制方式改制后的企业，以及提供社会公共服务的合资企业、民营企业等。所以，在我国，公共部门与私营部门合作，既包括政府与国有企业、非国有企业合作，还包括提供公共产品与服务的国有企业与其他国有企业、非国有企业，即社会资本合作。

3. 资本合作行政治理机理

市场经济中，资本合作当事人遵循“平等互利、合作共赢”，即儒家思想“仁”的原则，以“资本”为基，通过签署合作协议调整各方当事人责权利，有利于激发当事人精简组织机构，追求市场效率，优化市场收益，并依约相互促进、相互监督，实现合作共赢。特别地，这种机制用于政府与社会资本合作，会极大地完善政府行政能力治理，倒逼既有行政体制改革。

一是推动政府职能转变，正确处理政府与市场关系。表现在公共产品与服务职能转由社会资本方提供后，政府需要进一步调整其职能，简政放权，优化机构设置和人员配置，退出微观事务管理，依法对市场进行监管。

二是推动政府提高行政能力和效率。效率是市场经济的一个基础性准则，因为社会资本由效率在市场上竞争与生存。故此，政府与社会资本合作机制倒逼政府以行政能力治理现代化为原则，解决政府职能交叉、重复设置等影响市场发展问题，优化政府组织机构，不断提高其工作人员职业素质和道德修养，完善其行政能力，有效治理其“越位、缺位、错位”等影响市场经济规范发展问题，提高行政办事效率和服务质量，遏制“懒官堕政”等不作为行为，构建高效便捷的行政运行机制。

三是缓解公共财政支出压力，公共产品与服务供给得到有效保障。首先，资本合作能有效促进政府机构和人员大幅度缩减，减少政府相关事务管理经费支出，同时，减轻公共财政现阶段供给不足，降低项目全生命周期内公共财政支出；其次，政府与社会资本合作因”市场效率”作用能够增加公共产品与服务供给，满足人民群众日益增长的物质文化需要。

四、资本合作模式与规则

规则是市场秩序的重要保障。在中国，资本合作并无专门规则，即便是针对基

础设施或公用事业项目，也缺乏统一的法律法规。故此，有必要讨论资本合作制度设计，以完善我国资本合作市场规则。

1. 资本合作立法

资本合作，特别是公共资本与社会资本合作，须对资本合作各方，包括政府、提供公共服务的国有企业，以及社会资本中的国有企业、非国有企业行为规范，以维护国家利益、社会公共利益和当事人合法权益。现行法律规范中，并没有专门的资本合作法。我国实践中，政府与社会资本合作一般分成 3 类，即特许经营、政府购买服务和股权合作。

实践中，怎样区分一个资本合作是特许经营、政府购买服务还是股权合作？对于建设项目而言，这个问题好回答。实际上，一个建设项目全生命周期包括项目投资、建设、运营、报废等环节。资本合作可视为投资合作，而后续建设、运营等环节可以包含，也可以不包含在合作内。例如，双方仅是投资合作，则实际上就是项目融资或股权合作。

特许经营的实质，在于政府要在一定时期内特许给社会资本方经营权，换言之，含有运营环节的资本合作就是特许经营，反之则不能称其为特许经营而是政府购买服务。例如，现行资本合作 (PPP) 模式中，O&M、TOT、BOT、BTO、BOOT、ROT、DBFO 等合作模式中含 O，即运营环节，都是特许经营，而 DBFT、BT 等模式不含 O，不是特许经营而是单纯的政府购买服务。

需要注意的是，“特许经营” 在国外并不是一个 PPP 概念而源自国内自身，因为国内对一些自然垄断行业实行的“政企分开、政资分开、特许经营、政府监管”改革实质，就是把由政府提供的公共产品与服务交由国有企业特许经营，并按国有资本收益一定比例上缴公共财政以保障和改善民生，这在基础设施和公用事业领域大都已经完成了改革。

实践中，争论一个资本合作是特许经营还是政府购买服务并没有意义，因为资本合作的目的在于合作各方“互利”与“共赢”。政府与社会资本合作中的“利”在于增加公共产品与服务，满足人民群众日益增长的物质文化需要。但从词义上讲，政府购买服务属于采购，即消费选择，而特许经营是政府特许给社会资本方进行项目经营特权，两者中“政府”与“社会资本方”处在不平等地位，不利于资本合作，特别是公共产品与服务的供给与双方权益保障。

故此，为保护国家利益、社会公共利益和当事人合法权益，规范资本合作行为，很有必要结合中国文化和经济体制改革成果，对政府、提供公共产品与服务的国有企业、社会资本中国有、非国有企业，以及合作事项、权益保障等进行立法，颁布

“中华人民共和国资本合作促进法”。此前，一些单位或部门曾建议颁布“中华人民共和国特许经营法”或“中华人民共和国政府与社会资本合作法”，从深化经济体制改革，推动国民经济可持续发展看并不合适，因为在经济体制改革中，大量基础设施和公用事业项目已由政府特许给其下的国有企业经营。前者不利于深化行政体制改革，推动国家治理现代化，是保存既有行政管理体制中“政府强势”的立法思路，且概念混淆；后者则因投资体制改革以来，政府投资、建设、运营的基础设施和公用事业项目已不多见，目前仅在一些经济不发达地区或是创新领域尚存，大量的，是由政府特许的国有企业按市场化原则出资对项目改扩建，称其是“政府与社会资本合作”并不能真正有效地规范资本合作行为，因为国企改革方向是完善其现代企业制度，确保国有资产保值增值，政府不得对其市场经营活动非法干预。

2. 项目资本合作规则

项目资本合作，包括项目识别与可行性论证、资本合作人选择、合作协议及履约、第三方评估、项目移交等过程，为此项目规则应针对各阶段特点制定。

①项目识别即判定什么样的项目适合采用资本合作模式，其过程是对项目采用资本合作模式与政府投资、建设、运营，进行全生命周期物有所值比较，判断资本合作是否有利于促进社会发展、降低全生命周期财政支出和提高公共服务质量效率，是否有利于资源综合开发与利用、环境保护，以及建设是否可行性等。

②资本合作人选择，即采用市场竞争机制确定项目资本合作人，包括公开招标、邀请招标、竞争性谈判、竞争性磋商、询价、单一来源采购等采购方式，由合作人依法选择或响应。

③协议是合作人共同遵从的约定。资本合作协议中，着重是合作范围与合作方式、股权结构，合作人权利与义务，项目用地、建设、运营与维护，付费及调价机制，合同变更、终止与移交、风险分配机制等。

④第三方评估是借助社会力量，评估资本合作在投融资、建设、运营与维护、移交等环节是否实现既定目标，并作为协议执行中调价、展期或提前终止的条件。

⑤项目移交指合作期结束或提前终止，合作人中的一方或者几方按照约定的条件和程序退出，将项目资产移交给接受人，包括移交范围、资产状态、移交条件和标准、移交程序、合同权益、技术转让等。这里，接收人可以是政府或其指派的机构，在我国，接受人包括国有企业、混合所有制企业，以及民营企业等。

3. 其他法律规范

资本合作涉及投资、建设和运营，其特点是合作期长、范围广、不可预见因素

多、过程复杂等特点，涉及民商、行政、经济、行政诉讼和民事诉讼等多类法律。合作过程中，行政执法不当、合作人机构或职能调整、履约能力、法律政策变化，以及不可抗力事件的出现等，都会影响资本合作有效履行，为此，必须结合中国人文习俗和文化特点，调整现行法律法规中与资本合作机制不协调、不一致的条款或事项，构建符合资本合作规律的法律体系，只有这样，才能在依法治国理念下，发挥资本合作模式，即党的十八届三中全会提出的混合所有制在推动我国经济建设发展中的作用。

五、资本合作须深人研究的几个问题

资本合作作为一项国家治理现代化战略的同时，必须结合我国政体、国体，以及改革开放以来的辉煌成就，对资本合作及相关问题进行深入研究，构建有中国特色的资本合作模式，完善社会主义市场经济体制。

1. 资本合作项目目录。首先，社会管理中，哪些事项属于政府公共管理职能须由政府提供？哪些可以由社会资本提供，即政府与市场间的界面并不十分清晰，并非所有的政府职能都能与社会资本合作，即便是政府与社会资本合作，合作范围也只能局限于经济、文化领域项目而不能延伸到国家政治和体制运行中，否则就会出现是走社会主义还是走资本主义道路的路线问题。在建设有中国特色社会主义大前提下，如何采用市场机制，即资本合作对既有行政体制，特别是阻碍社会可持续健康发展的行政体制进行现代化治理，推动政府职能转变，这当中本身就有许多问题需要研究；其次，即便是公共产品与服务，不同地区、不同部门、不同经济状况也不一定都适合与社会资本合作模式，这方面地区、部门间相互没有可借鉴性。为此，必须针对本地区、本部门实际特点，在物有所值前提下确定哪些项目适合，哪些项目不适合与社会资本合作，这实际上是 PPP 项目识别问题。为此，国家层面可以依据国家行政体制和经济发展规划颁布 PPP 项目指导目录，地方人民政府在项目指导目录下，结合当地人文习俗和经济规划，制订并颁布与社会资本合作项目并组织实施，即国家宏观指导，地方依据实际执行。

2. 完善法律体系建设。资本合作模式实质是发挥社会资本资金和效率优势，增加公共服务供给和提高服务水平，进而减少公共财政压力和供给不足，降低其市场操作风险。这种模式在英国、美国等资本主义国家有成功运行经验。但我国是以公有制为主导，多种经济形态并行体制，现有法律体制基于政府作为行政执法者构建，政府与社会资本间法律地位不平等，缺乏一定的合作基础。例如，

(1) 政府与社会资本合作协议属于民事还是行政合同？国外基于契约自由、地

位平等原则认为政府与社会资本合作协议属于民法范畴，双方发生争议执行仲裁或民事诉讼均可，但我国最高人民法院按国内现行法律，规定其中的一种特殊情形，即“特许经营协议”争议属于行政诉讼范畴，不允许仲裁，只能提起行政诉讼，同时，政府在诉讼中承担举证责任。不调整现行法律制度，其运行的法制环境得不到根本保障，同时也不利于保护国家利益和社会公共利益。

(2) 资本合作模式与现行土地、环境保护、项目审批、招标投标、政府采购等政策并不完全匹配。一些地方政府片面理解其为招商引资行为，违法承诺投资人要求或违法保护投资人利益而侵犯国家利益或社会公共利益。从另一方面讲，现行法律中，土地管理、物权、合同法、民事诉讼法、行政许可法、行政诉讼法、政府采购法以及招标投标法等，确有一些内容涉及资本合作项目管理，与该种经济模式的经济宗旨并不匹配，从某种程度上制约了其在提高公共产品与服务供给能力上的作用，需对相关法学问题组织研究，调整完善相关法律。

3. 规范资本合作。资本合作涉及项目投融资、建设、运营、移交等多个环节，以及民商法、行政法、经济法、社会法、刑法、诉讼法等多部法律规范，许可的社会资本方最长经营期长达数十年，易发生合作行为违约造成合作失败，国家利益、社会公共利益和当事人合法权益受到损害。例如，近年一些地方政府与社会资本合作中，先后出现因项目收益高于预期收益，违反双方合作协议提前收回项目，强制要求社会资本方将项目转让或是部分转让其他利益人的事件，形成政府违约；与此同时，一些项目执行过程中，也因实际收益远低于预期收益，社会资本方提前退出与政府合作，将项目提前移交给政府的事件，使由社会资本方提供公共服务计划落空，再次回到政府直接提供公共服务原点。为此，如何在保护国家利益、社会公共利益和当事人合法权益前提下，结合中国文化特点颁布符合中国特色的资本合作法以规范当事人行为，这当中有许多问题需要研究，而不能单纯采用“拿来主义”，直接照搬资本主义国家的经验与作法。

4. 预防债务风险。资本合作中，社会资本方通过银行贷款、企业债、项目收益债券、资产证券化等市场化方式举债并承担偿债责任，形式上把市场风险转移给了社会资本方，但纵观已完成的资本合作项目中，一是参与合作的社会资本主要来自央企或是省属国有企业，民营、外资或合资企业少；二是融资主要途径仍来自国有商业银行贷款，并且一些地方政府还主动出面协调银行间贷款利率，形成最终债务承担人仍是国有资本，从某种层面看加大了社会管理风险，也不利于资本合作模式规范发展。为此，需要从完善国家政策出发，对相关金融制度进一步研究与完善，预防或化解可能出现的金融风险。

5. 促进廉政建设。资本合作模式在调动社会资本投资积极性，推动经济可持续发展的同时，也隐含一些需要引以重视问题，例如，如何防范少数地方政府与社会资本方进行“权力寻租”或是“腐败交易”，如何防范其成为社会资本方侵害国家利益和社会公共利益的“帮凶”或是“代言人”，防范其采用合法形式掩盖非法目的？为此，必须结合资本合作这一特定经济模式及中国文化特点，对其中腐败交易进行预防和惩戒，构建法治政府和法治社会。

资本合作作为混合所有制在资本层面一种表现形态，是我国基本经济制度的重要实现形式，同时，也是深化经济体制改革，正确处理政府与市场关系，发挥市场在资源配置的决定性作用，推进国家治理体系和治理能力现代化的一种重要手段，为此，必须结合我国经济体制改革成果、文化特点，参考资本主义国家成熟经验对其研究与规范，坚持有计划、有步骤、有选择地科学实施，以进一步深化经济体制改革，促进国民经济可持续健康发展。

谈 PPP 初衷、风险及文化

摘要: 本文介绍了国家治理机制下英国的 PPP 初衷，其运作规则与中国文化的关系，以及中国当下 PPP 运作及采购隐含各类风险，特别是法律风险等，以引起法律制定者、政府和投资人关注。

关键词: PPP 初衷、PPP 采购、中国文化、风险。

Abstract In this paper, we introduce the PPP's intention in the national governance of the United Kingdom of Great Britain in 70s of last century, discuss its operation with that of Chinese culture and bidding risks, particularly, those risks on Chinese laws update for recalling the government and investors.

Key Words PPP's intention, PPP's purchasing, Chinese culture, risk.

分类号: F21.

我在国内研究了几十年采购，包括招标投标法律和采购经济理论相关专著，所以，无论是理论还是实践，我都有些较深刻体会，因为许多与采购相关的国家制度我都参与了起草或是论证。

谈到资本合作 PPP，我想说三个问题：一是 PPP 的初衷是什么，二是 PPP 采购及风险问题，三是 PPP 与中国文化问题。

首先，引入 PPP 的初衷，实际上是为了解决政府和市场的关系问题。现在市场上看到大多是 PPP 项目，看不到 PPP 机制到底是在干什么。PPP 机制的宗旨是通过市场机制，正确处理政府跟市场的关系问题。大家知道，改革开放 30 多年，一直在处理政府跟市场的边界问题。讲到 PPP，最早是由英国政府在上世纪七十年代末率先发起，其初衷是什么呢？当时的英国首相撒切尔夫人组织了一帮专家，专门研究政府与市场边界问题，他们研究了那些问题呢？我们知道，在传统管理模式下公共产品与服务由政府提供。研究者逐项梳理当时英国政府提供的公共产品与服务，反问其是不是必须由政府来提供？他们研究后划分了两类。第一类是必须由政府提供，这一类中又分成了两类，一类是必须由政府亲自提供，还有一类是可以通过政府购买服务方式，解决政府供给能力不足和市场效率低下问题，由市场主体提

[1]2017 年 3 月 17 日在“首届公共资源配置中关村论坛”上的演讲

供；第二类是无需政府提供，可改成市场主体提供，即市场化。

所以，中国引入 PPP 机制本身是一个国家战略，这个战略是什么呢？就是采用市场倒逼机制，深化经济体制改革，推动政府职能转变与调整，从而实现国家治理体系与治理能力现代化。

PPP 机制与国家治理现代化主题正好一致，即通过社会共治的方式，重新梳理社会公共服务的供给方式。当然，采用政府购买服务方式提供的公共产品与服务，就跟 PPP 有关。另外，不需要政府提供的，需要转变政府职能，交给市场主体提供，政府相应的压缩机构和人员。这是我想说的第一个问题，即引入 PPP 机制的初衷是实现国家治理体系与治理能力现代化，虽然我们在市场上看到了大量的 PPP 项目，但实际上，它是一种国家治理手段。

第二个问题，即 PPP 项目采购及风险问题。我研究采购好几十年，之前曾在中国招投标协会担任副秘书长，专门研究采购。在 PPP 采购里面，包括项目采购，从去年开始，国家有关部门出台了一系列文件，对 PPP 项目操作进行规范。我本身喜欢研究项目风险。一个 PPP 项目，从投资、建设到运营，周期长，其中隐含了大量的风险，首先是融资风险，还有项目执行风险，还有我们至今还说不清楚第三种、第四种风险。

怎么样解决 PPP 项目风险？依法依规是前提。我们看到很多 PPP 采购采购政策，财政出的也好，发改出的也好，并不完全一致，有的还相互矛盾。讲到采购，中国有两部法律，一是《招标投标法》，再就是《政府采购法》。我们讲 PPP 采购，讲顶层制度设计，业内很多的争论。两个部委颁布的文件我都看了，业内争论我也看了。但首先是，在现行法律制度下，能不能依法完成 PPP 项目的采购？我认为依法可以完成，而不是不可以，只不过有点影响项目执行效率，需要深化经济体制改革。当前，这样争论是没有意义的，需要多从深化经济体制改革，多从项目有效执行，规避项目风险上下功夫，“空谈误国”，“争权有害”！

讲到资本合作 PPP，比如我们有一个项目，或者一个建设项目，从投资、建设到运营三个环节，传统的管理模式是条块分割。PPP 模式讲的是全生命明周期理念，要求在这种理念下，重新认识项目采购效果。故此，与现行法律制度和现行审批制度并没有矛盾，只是不太好用。但我看到相关部委出的很多采购办法，我个人认为，这些部委颁布的办法在现行法律下适用范围有限制，不是放之四海皆准的。这就造成我们在 PPP 项目采购领域，有大量的伪 PPP 项目，其次，PPP 采购行为与现在法律制度冲突，违法，然而一些地方仍然在这样做，在大力实施。如果我们还讲依法治国，那你先看看我们的法律和行政法规。这里有一个问题，就是我们部门颁布的规章、办法能不能修改国务院条例，修改法律？我认为不行，因为中国的

《立法法》明确规定，下位法绝对不能违反上位法，这是立法的基本原则。所以，当我们说 PPP 项目采购在现行的法律制度下是可以完成的，只是不太顺利，有些工作重复，但绝不能光讲效率而忽略法律规定。业内很多人在讨论，说是两部采购制度中这个规定不好，那个规定不好，实际上不是不好，是执行效率低下。但是在依法治国大背景下，依两步法律采购都能实现，虽然有些地方不好用。比如最近业内在网上讨论的，要两招并一招问题，还有前面不招，后面也不招，就是想采用这种方式规避我们的法律制度，这当中有大量的潜在的违法事件隐含其中，直接造成合同无效，增大了合同风险，总会有人承担违法责任。当然，法律也需要与时俱进，我赞成结合新形势，对两步法律中的相关条款进行调整，通过国家治理现代化，促使 PPP 采购更顺畅，降低采购风险。

我看到有两个 PPP 项目库，财政有一个，项目总数 10000 多个，总金额 13 万亿左右，国家发展改革也有一个，项目数 3700 多个，总金额 6 万亿多一点。这当中有一个很怪的现象，就是项目数量特别庞大但落地率很低，去年统计的，大概三分之一左右。这个数我没查实是不是准确，可能是把原来的一些老的 BOT 项目也纳入到这个 PPP 统计中了。即便是三分之一，这个数也很低，有大量 PPP 项目没有吸引社会投资人关注，原因就在于 PPP 项目确实有风险。PPP 项目从投资、建设到运营，最长可以是 30 年。我们讲风险预测，没有一个人有这个能力。仅以天气预报为例，五天以内还算准确，超过五天的大多不一定准确。所以说，让一个人预测 30 年的 PPP 项目风险是一件办不到的事情。

这当中有一个核心问题，就是项目识别问题，到底哪一类项目适合做 PPP 并没有真正得到解决。即便是用户付费项目是不是就适合做 PPP 也不一定，不同的地区、不同的地域有差异，所以说 PPP 项目的识别问题是关键，其核心在于物有所值评价，但现在一些部门推出的物有所值评价方法是不是解决了这个问题？绝对没解决，造成大量的 PPP 项目物有所值评价在走形式，走过场。一些地方政府把 PPP 项目作为一种新的招商引资手段，包装一下，走 PPP 了，以为就把资金招过来。如果地方政府是这样一种思路，永远解决不了 PPP 项目实施带来的风险。由于这个问题没解决，后面必然留下问题，就是风险层出不穷。

PPP 项目本身有两个目的，一是降低全生命周期的成本，二是提高全生命周期的公共服务的供给能力，这两个目的才是我们引入 PPP 机制的目的，而物有所值评价就是要实现这两个目的。

第三就是 PPP 机制与中国文化问题。前两天我在国家发改委遇见一位领导，说中英基础设施学院学员正在培训，邀请英国一些学者在授课，问我为什么没去给学员讲课。我说我不用讲了，因为不管上个世纪末引入 BOT 机制起，还是从 2014 年

开始的第二轮 PPP 高潮，稍微有点学术水平的人都把英国那套 PPP 机制搞得很清楚了，核心在于要结合中国文化发展自己的 PPP。

很多人说，为什么国外一种很好的制度或机制引入到中国就会走样？我认为走样是正常的。什么原因呢？英国是资本主义国家，是私有制国家，而中国是以公有制为主体的社会主义国家。双方的文化基础本身就不一样。所以，当今我们需要的不是再去翻译国外的那些 PPP 制度，不是去引进他国经验，这个已经成为过去时了，不需要。现在需要的是，怎么把 PPP 机制结合中国的文化，研究中国人的特点，然后再来考虑 PPP 项目实施，包括采购中的各种风险防范，即结合中国人的本性来分析，我们应该采用怎样的一套 PPP 制度，怎么的一套 PPP 操作指引，进而引导 PPP 规范发展，从而把 PPP，不管是在项目层面，还是国家治理现代化层面，使其得到真正的发扬光大。

第 4 篇　云端漫步



自媒体，一个社会公众可以自由参与并在其上畅谈理念、褒贬时弊、自我展示的载体，彻底改变了我们的世界与人生 – 这就是互联网时代，一个痴人可以说梦话且让公众知晓的时代。

第 4 篇 云端漫步 – 中国组合数学与图论专业委员会 BBS 论坛, 286-288

中国数学会组合数学与图论专业委员会 BBS 论坛

说明 中国数学会组合数学与图论专业委员会曾开通 BBS 论坛，允许社会公众在上面就组合数学、图论及相关论题发表观点和看法。此处选编的，是作者于 2006-2007 年在其上贴出的一些帖子，其中一些观点至今对中国数学发展仍有价值。

1. **代数与组合**. 代数，特别是有限群论，在单群分类问题解决后，许多学者将研究目标转向了图的自同构群的研究，在单群分类研究过程中，图论曾作为一种辅助工具，构造出了 26 个中的一个零散单群，也算为单群分类问题尽了一把力 (这个群的具体构造，见 Biggs 和 White 合写的《置换群及其应用》一书)。那么，今天是不是代数图论，或群与图的研究就没有意义？我不这样看，实际上国内许多从事代数图论研究的学者与我都是好朋友，他们的工作虽然在国内不大引起人们的重视 (主要是看懂的人少)，但在国际上还是得到学界的公认的，他们的工作有不少人引用，并在继续深入。

我个人始终坚持一种观点，无论你从事哪一个数学分支，最终应该走向数学大家庭，只是从事的角度不一样。“条条道路通罗马”，又道是“殊途同归”。这当然也适合我们从事组合研究的人了。

实际上不仅是代数与组合数学在结合，概率论与图论的结合就是随机图论、拓扑与图论的结合就是拓扑图论，$\cdots$，这种结合以及相互促进，在我们这个世纪愈演愈烈。而目前国际数学研究中经常见到的数学学科与数学学科之间的组合则更是一种组合思想的引申。

二十一世纪的组合学实际上是一种大组合的概念，要求不但研究客体之间无度量的组合，更需要研究有度量客体之间的组合，这就是二十一世纪的数学发展方向。作为学组合的人，应该为自己选择从事组合研究感到欣慰，毕竟赶上了这个潮流。但另一个方面，也不要仅把自己局限在经典组合的范畴，那样的话，与学习其他任何一个数学分支，如分析、微分方程、数论等就没有区别了。

明年 3 月 (指 2007 年 3 月，编者注) 在西安渭南有一个“第三届西北数论与 Smarandache 问题学术交流会”，我将就这种大组合的观点作一个大会报告，初步定的报告题目是:“重空间及相关数学组合理论”，欢感兴趣的朋友前去交流。

2. **关于振兴图论研究的思考**. 实际上图论或组合数学的研究不存在重振问题，

关键是怎眼搞，搞什么。作为数学科学大家庭中的成员之一，选题很重要。我们许多学组合的人，往往选一些纯组合类问题去研究，搞来搞去只有很少几个跟进的组合弟子感兴趣。我们往往不敢问自己这样的问题：我研究的这个问题对数学科学有什么用处？对科学研究又有哪些贡献？为什么不敢问是需要深思的。知识的贫乏常造成我们也说不出来研究的课题有什么用！许多研究生告诉我：导师觉得这个结论是对的，让我证一下，然后合写一篇文章— 这常常是国内组合研究的直接动因。

前几天与国际数学联盟新任主席 Lovasz 通信，我的一个观点得到了他的认同，就是二十一世纪的数学是数学科学间组合的数学，是为适应二十一世纪科学交叉发展的产物，我把它称为：*Mathematical Combinatorics*，注意不是*Combinatorial Mathematics*，虽然仅换了一下次序，内含与传统理解有着本质的区别，前者采用组合方法或组合思维研究数学的组合推广，而后者仅是传统的理解。

要搞好国内的组合研究，导师必须有一种融入整个数学大家庭的心态，不要孤芳自赏，不要抱着一些经典的图论或组合问题不放，学“愚公移山”，该抛弃的问题一定要抛弃，不要因为还可以发表论文而组织学生一而再地进行研究。同时导师组织研究的课题应瞄准数学或科学的前沿进行，不要怕为人梯。学生则一定要广泛地学习其他数学或科学知识，这是组合学生最薄弱的地方，研究组合学一些初等问题常不需要太高深的数学基础，即易于造成人的懒惰心理而不注重整个数学科学的发展。应多看一看不同课题、不同数学或不同科学研究的问题与结果，从中发现组合的贡献，进而对数学研究做出贡献。切忌不要为追求短期效益、追求论文篇数与检索级别而重复进行一些简单的劳动，这对个人发展是没有好处的。

顺便告诉大家，我在今年南开组合数学与图论会议上报告的全文后收录在了我本人编辑的《*Selected Papers on Mathematical Combinatorics(I)*》，该书于今年 11 月由英国的 World Academic Union 出版发行。我这有电子版，需要的可以来信索取。

3. **关于 SCI 论文**. 我个人最不能理解的，就是在国内无论是研究生毕业，还是评职称、晋级，均要一个指标就是 SCI 论文数量，甚至也成了学生找工作的首选。这严重违背科学研究的准则 - 科学社会承认。上个月读美国《*Progress in Physics*》的主编在其主编刊物上写的一封论述科学家的权力与义务的信：*Declaration of academic freedom: scientific human rights*，深有同感，应该好好看一看。无论你的论文发在什么地方，最终的结果应该是科学界的承认，这才是检验标准。十年前读*Discrete Math.* 上的一篇文章，读的时候就找出了反例，但要是在国内，它一样可以成为晋职晋级、毕业求职的依据。还有一个例子，今年国际数学家大会费尔茨奖的一个得主，即俄罗斯的佩雷尔曼 (解决黎曼猜想的那个人)，其论文不是发表在任何一个印

刷物上，当然更不是 SCI 出版物上了，而是在一个电子出版物*arXiv*上，但国际数学会认可了他的研究成果。

个人认为当下在国内及需要纠正的，是将一些不应该纳入科学评价体系的内容纠正回来，比如以 SCI 论文数量评价一个学校或一个学者，因为科学工作的评价至少在 3 年后才能看出来其价值，有的甚至是在数十年以后，如 Yang-Mills 场就是这方面的一个例子。让人们多去研究一些与人类认识自然、与人类适应自然相关的重大课题，这才是科学研究的首要任务，也是数学研究选题的方向。

新浪微博毛博士 - 数学与采购

标签： 组合探求事物万理，勤奋谱写人生光辉

2012 **年** 10 **月** 12 **日**. 莫言获诺奖是一件让人鼓舞的事，我们需要看到更多国人拿到大奖，让中国融入世界。同时，也不要把获奖作为终极目标。莫言说得好: "一个作家不能把自己的写作追求限定在一个奖上，···，该怎么写，还怎么写，···。" 获奖不是终点，那不过是下一次航程的起点。愿莫言获奖成为国内科学界一次有力的鼓舞和鞭策。

2012 **年** 10 **月** 13 **日**. 为什么莫言获诺贝尔文学奖而中国在自然科学领域获得不了诺奖是值得深思的。中国文学始终有本民族特色，受国外文化影响小。而自然科学研究，特别是基础科学研究近 30 年一直跟着国外跑，原创少，就更不要说那些与人类认识自然相关的重大发现了。加之那种急功近利，追求论文数量与检索级别的评价方法，人心浮躁，不能象莫言那样把心沉下来，处于研究者本人兴趣去研究，去发现。这种状况如不改变，国内自然科学研究很难获得诺奖。

2012 **年** 10 **月** 19 **日**. 难道真有救世主拯救人类吗？从来就没有救世主！在认识到人类认识局限性的同时，解放思想，探索自然，贡献才智。不是为个人成功，而是为人类认识自然做贡献。甘为人梯，向真理推进，这就是认识过程。获不获奖在其次，重要地，在于为科学认识的奉献。愿以此与科学工作者共勉。

2012 **年** 10 **月** 28 **日**. 人生错位之感悟：从北京到深圳，与旁边一青年聊天，不想是学传媒的，喜欢作词作曲，还喜欢唱。他把新近的一首歌曲给我听，自豪地说在网上已经有 60 多万次下载了。我以为他是个职业歌手，不想下飞机时告诉我他是投资公司老板，还说要是搞他的专业，估计现在生活得很惨，说作词作曲与歌唱不过是他的兴趣 – 求生与所学专业的错位。我一直感觉，不能从事一个人的兴趣所在是个人与国家的资源浪费，但随着年龄的增长，这种想法日益淡薄了，因为合二为一者极少。我个人是中科院的数学博士后，虽然在美国有三部数学专著，多部文集，还自创一本数学期刊并任主编，但一直错位，依赖招标采购技术求生，带的研究生也是招标采购方向。我想，这种错位还会继续下去，并最终引导我采用两种视

角看待世界与人生，因为世界本就是一个重叠空间。

2012 **年** 10 **月** 28 **日**. 人需要不需要有理想？当然需要！需不需要有信念？当然也需要！理想是目标，信念是支柱。实际生活中，理想和信念又常化为兴趣与事业。能够把兴趣转化为事业当然好，转化不过去就差么？不一定！关键在于是否把兴趣作为了人生追求目标，如果是，干什么不重要，重要的，在于不时鞭策自己向着目标迈进，并沿着追求目标提出更高的目标而努力，这同样有利于人类社会发展，也是人生自我价值的体现。愿以此与那些兴趣与工作分离的同仁共勉。

2012 **年** 11 **月** 5 **日**. 二十一世纪什么最贵？葛优说“人才呀！”其实葛优不说也有人说，这不，中组部不在抓人才工程吗！但什么是人才，什么是对社会、对人类有用的人才则没有统一标准。赵本山小品“卖拐”中的“大忽悠”算不算？当然算！大忽悠正是中介组织需要的！因其给人们带来了沟通与联系。海归算不算人才？更算！要知道，国人总认为外国的月亮比中国的圆。但凡事都要适时，有度，比如让海归去当大忽悠肯定不行，除非他已把留学那个国家忽悠了个底朝天。所以那种一味只把海归当人才，视国内培养为废物的人才政策，实际上是人才政策倒退。天生我才必有用，这是颠扑不破的真理。只要能为人类进步做点事，干什么都一样，在哪都是干，因为人生苦短！

2012 **年** 11 **月** 12 **日**. 招标采购的核心是优化，即数学优化是招标采购的基本工具。当然，国内的招标采购距此还有许多路要走，急需扭转招标采购实践中那种把招标采购看作一种游戏的做法 – 这有点象美国文化，即把严肃的事当游戏，把娱乐看作严肃的事，这在招标采购实践中必须纠正。

2012 **年** 12 **月** 10 **日**. 经典数学仅研究不存在矛盾的系统，这也造成了其应用的局限性，因为实践中的系统一般均不是数学中的无矛盾系统。改变这种局面的一个直接思想就是在经典数学系统基础上，采用组合思想研究矛盾系统，从而促成理论与实践结合，近 20 年，这种思想在国际上已经得到了快速发展。

2013 **年** 1 **月** 29 **日**. 社会管理不单纯是政府，社会组织引导、成员自律是前提。在这个物欲横流的年代，在这个以金钱衡量一切，什么都可以交易的年代，所缺的正是自律，缺社会行为规范自我约束，这是一个普遍的社会问题，也是导致招投标领域问题越来越多的社会原因。

2013 **年** 2 **月** 25 **日**. 教育核心在育，“教”是手段。当下教育的悲哀在不知“育”而“教”。于是学生毕业就失业，于是惊叹学生“眼高手低”，这是社会的悲哀！“教育”首先是家长、兄弟姊妹、朋友之耳濡目染，然后是学校引导，首先是做人、做对

社会有用的人而非社会渣子，对此当下迫切需要反思。

2013 **年** 3 **月** 14 **日**. 数学家、理论物理学家首先是哲学家，因为首先要有思想，要知道怎么看世界。

2013 **年** 5 **月** 10 **日**. 我一直采用国学，即系统思想研究数学和理论物理，在美国出版了三本专著. 我的一些外国朋友也从事相关研究，但国内感兴趣的却很少。新近《理论数学》刊登一篇"*国学思想与大学数学*"，终于看到了国内有人从事这项研究，关于国学思想对数学物理更多应用见我的专著《*组合几何及其在场论中的应用*》(2011，美国)。

2013 **年** 6 **月** 9 **日**. 《*道德经*》里有这样一句话"*绝窍弃利，盗贼无有*"，即社会不鼓励追逐机巧和利益就不会有盗贼，反之，盗贼泛滥。有道是，一个社会不惧平穷但惧不公。故此，社会管理主要职责在维护公平、弘扬正义。百姓仇富，在其富的不正当；仇官，在其没维护社会公平与正义，甚至成为少数利益者代言人。这种状况不解决，易导致社会矛盾。

社会道德缺失前提下，谈社会法制不能说是一句空话，但其作用微乎其微，概"*道高一尺，魔高一丈*"也。社会构成基础是人，人无外乎做人和做事两方面，即诚信做人，本份做事，其途径是《*大学*》中"*格物、致知、诚意、正心、修身、齐家、治国、平天下*"，这是做大人而不是"*小人*"之根本，也是社会管理之基。

2013 **年** 6 **月** 10 **日**. 大人有德有位，君子有德但不一定有位。君子讲仁、义、礼、智、信，对应的，小人反其道而行之。有人说是封建糟粕，但殊不知，这是中国几千年文化产物，其哲理是中国人做人根本。由此，那种鼓励投机、鼓励用一切手段占社会资源的引导，如炒房的社会政策，恰是社会优待小人制度，急需根治，因天地视万物为刍狗。

2013 **年** 6 **月** 20 **日**. 孔子为《*易经*》所作十翼中，对"*大人*"的解释是：*夫大人者，与天地合其德，与日月合其明，与四时合其序，与鬼神合其吉凶*。而天地之德则是指天行健和地势坤德，即自强不息和厚德载物。以此可作为大人之德的标准。

2013 **年** 7 **月** 5 **日**. 国人讲中庸，即综合各种不同意见，以达成统一共识；国人讲包容，并非无原则的包容，而是包容那些无关痛痒的支节或是个性，因为人处在社会上，与他人和谐共处才是第一要务。

2013 **年** 7 **月** 17 **日**. 大学教授如不能做到格物、致知、意诚、正心、修身和齐家的道德修为，危害更大！难怪有些教授和校长被人称为禽兽，概以歪论引导社会也，贻害无穷！格物即分辨善恶，致知即知悉善恶，这两点都不具备，谈道德伦理就是

歪批，是错误地引导公众。

2013 **年** 8 **月** 8 **日**. 我们不是没有法，是明知违法而为一己私利故意违法；我们不是没有法，而是违法获益，守法无益且成本高昂；我们不是没有法，而是将法挂在嘴边，心中想的是法与己无关；···，这样的例子太多太多。这就是：道、德、仁、义、礼都不复存在时，法的苍白而无力的现实。

2013 **年** 8 **月** 28 **日**. 人一生离不开：格物、致知、意诚、正心、修身五个修行。

2013 **年** 10 **月** 23 **日**. 科学研究需以认识自然，促人类生存发展为首要。“三鹿奶粉”事件已淡出人们视线，其中“三聚氰胺”确是“科学”产物，但在缺乏有效实验便推向市场，致婴幼儿食后肾结石后果。科学讲收益，但不能以人类生存为代价；科学讲发展，但不能有悖道德底线发展。否则，科学研究不是促进人类进步，而是人类毁灭的始蛹。

2013 **年** 11 **月** 25 **日**. 科技何时获诺奖？看一省台电视找 n 多嘉宾，其不乏名噪一时的科学家。有说十五年，有说五年。前称胰岛素要不文革影响可获诺奖，言有诺奖潜力；后言学恒大足球，聘国外潜力股获奖自归中国，让人颇感秀无所不在！获奖不是目的，促民族发展是真理。投机获奖让人耻笑；科学家“电视秀”浮躁，不潜心研究，能获诺奖才怪呢！

2013 **年** 12 **月** 3 **日**. 国际上一份科学人权宣言：科学的目的在于认识自然与适应自然；研究平等自由，无权威或普通等级之分；科研项目选择自由；科研成果评价在于考量其对人类认识世界贡献，不能仅依论文 SCI、EI 指标等评判优劣；最重要的，科学研究须遵从人类社会道德而不能从事反人类或有悖人类道德研究等，以免毁灭或影响人类生存与发展。

2014 **年** 1 **月** 29 **日**. 黑洞由黑变灰是宇宙认识上的进步。黑洞是爱因斯坦引力场方程球对称解的一种特殊性状，存在与否未知。用中国人思想，认识不到的事物都可划入黑洞范畴，类似地还有暗能量、暗物质，需不断探索，把握其规律而非一定要找到。所以，霍金“黑洞并非那么黑”及为其更名为灰洞，符合人类认识规律，特别是符合中国古哲学。

2014 **年** 2 **月** 6 **日**. 古曾子讲用人，有三句话很有哲理：“用师者王，用友者霸，用徒者亡”，即领导与属下关系定成败。用师者王，即尊奉贤能之人为师，发挥其长处，进成大功王天下；用友者霸，即领导对下属如兄弟，合力一直对外，进称霸一方；用徒者亡，指所用之人唯唯诺诺，言听计从，无创新之举，最终失败，因领导最终成孤家寡人。

2014 **年** 2 **月** 13 **日**. 某大学教授昨日来信:“霍金认错,承认黑洞根本不存在,中国物理学会引力与相对论天体物理学分会的天塌了!” 我的回复:“没有必要纠结在霍金本人的观点,因为他代表不了整个科学界,否则,就会陷入了迷信权威的错误。实际上不是现在说,早在上个世纪,在‘黑洞并不是那么黑’一文中他就阐述了这种观点。

黑洞本身是一种物理模型,是否真实存在需要时间检验,目前它不过是一种模型,并且不同研究者的定义也不完全一致。我的观点是,霍金最近的说法代表着认识上的进步,即霍金研究的那一类物理空间,黑洞也好、灰洞也好,具有他所得出的性质而已,大可不必为此过于兴奋或苦恼,因为它不过是一种数学物理模型。

我新近完成的带有哲学思想的数学文章‘*Mathematics on non-mathematics*’(见附件),第一节讨论了认识过程,最后一小节讨论了引力方程,引用了老子的‘名可名,非常名’,希望对你在这个问题上有帮助。

该教授给我的复函:“附件论文的数学太深奥,我基本读不懂。本邮件对霍金理论的评价,我是赞成的。谢谢!”

2014 **年** 2 **月** 19 **日**. 教育部《中国科技论文在线》10 年来最受关注的优秀学者排行榜出炉,其中数学类前 10 名如下:1. 毛林繁,浏览 8438;2. 张恭庆,浏览 8311;3. 杨虎,浏览 6459;4. 胡峻,浏览 4832;5. 吴建华,浏览 4680;6. 陈化,浏览 4564;7. 邹开其,浏览 4505;8. 白承铭浏览 4388;9. 屈长征浏览 4367;10. 杨晓松,浏览 4367。

教育部科技发展研究中心按浏览量排名,参考而已,当不得真的。

2014 **年** 2 **月** 21 **日**. 我不敢扶倒在地上不认识的人,怕讹上我医药费;公交车、地铁上我不愿给不认识的人主动让座,因受让者一屁股坐下连声“谢谢”或给我一个笑脸都不愿;我更不敢借钱,包括认识的人,因为要主动索要,且感觉不占理似的,···,现如今,这样的不敢、不愿太多太多。当社会上人和人间缺乏“礼”时,这就是必然。

2014 **年** 3 **月** 14 **日**. 普通研究者重结果,得到点结果赶快发表,赶快报奖见成效;大师重思想和方法,因为只要思想和方法正确,剩下的,就是检验,只要细心点,结果不会有问题。这就是普通研究者和大师的区别。

2014 **年** 4 **月** 30 **日**. 曾仕强“当官要学曾国藩,经商要学胡雪岩”表明,当官和经商是中国人追求的仕途,而当科学家要学谁则不得而知。古代数学代表可首推刘徽或祖冲之,但他们家境都不错,属不为衣食住行犯愁,可潜心治学的人。这也说明一个真理,搞科研饿肚子肯定不行,需先做官或经商赚钱,后业余玩票,故中国

很难造就大科学家，因人文使然。

2014 **年** 5 **月** 5 **日**. 我对数学第一次开悟发生在 1983 年，当时在北京一建筑学校求学。因中学志在数学，于是一边学着建筑技术，一边在北京工业大学杨燕昌老师指导下学 Bollobás 的《极值图论》。有一段课程需用到置换群，于是向他请教。他在桌子上摆三个茶杯，轮换一下后问我：*在数学上如何描述呢*？随后，他写下 (123) 和 (132) 两个置换，使我顿悟数学是由具体到抽象的产物！再不觉数学枯燥无味。

我对数学第二次开悟在 2004 年，在中科院做博士后第二年。博士阶段应导师指引进行曲面地图计数，已算出不少结果可在国际期刊发表。但个人一直有个心结解不开，就是*这些结果对科学或数学有何意义*？ 于是不愿再算。朋友推荐读《*道德经*》，悟到有无均是人类界定，科学的使命在于认识无，实现无中生有，于是开展矛盾系统研究。

我对数学第三次开悟发生在年初。个人想总结这些年工作，后完成“*Mathematics on non-mathematics*”综述论文，指出经典数学是无矛盾系统，有矛盾系统，如不可解微分方程组则是大自然反映，是基于组合的数学。中国“*天人合一*”意味着自然系统是循环的，有矛盾数学恰是自然真实描写，这也是数学终极目标。

2014 **年** 5 **月** 27 **日**. 认识世界是人一生的事！儿时世界充满阳光，因有父母呵护 – 潜龙；青年世界充满梦想，因时间精力充沛，以为是世界的未来 – 现龙；成年世界充满现实，因有父母、儿女需操劳，事业硕果累累但小人多 – 惕龙，跃龙，为飞龙则如过独木桥；老年世界，或儿孙满堂或孤独一身，以为风光不再已近黄昏 – 亢龙！这就是人一生写照。

2014 **年** 6 **月** 3 **日**. 研究生态产业系统发现，我近 10 年所研究的数学矛盾系统对应的正是生态产业系统，故此，将微博名称改为“*数学与采购*”，其宗旨是把数学矛盾系统研究应用于生态产业系统，而这当中一个核心问题是绿色采购，即在考虑采购经济属性同时考虑环境保护，在竞争性采购中将生态指标作为竞争选择指标。

2014 **年** 6 **月** 3 **日**. 姜伯驹老师是不动点理论领路人，也是国内一位出色的数学教育家。我不是他的学生，但 10 多年前曾就曲线自同构问题在北大他的办公室向其求教，聆听其教诲。老先生不厌其烦的细心为我解惑，深感获益，也从那时候起对先生的治学与育人钦佩有佳。

2014 **年** 6 **月** 4 **日**. 偏面追求 GDP，致使环境危害日益严重 - 土壤、水域、空气，人类生存资源日益枯竭。弱弱地问一句：*哪里适合国人生存*？非抛家舍业旅居国外才甘心么！在如此严峻形势下，减少资源耗用，组织节能减排、清洁生产与清洁消费，少一点对自然侵害，才是保护我们绿色家园的唯一途径，也是每个国人的

责任。

2014 **年** 6 **月** 9 **日**. 碳排放权交易是一项经济制度，但非环保制度，因为控制碳排放的目标是减排而不是让其他企业购买排放指标继续排放，其结果仍是在鼓励足额碳排放，会导致大气污染加剧。正确的做法应是政府或国家购买碳排放剩余指标进而减少碳排放量。建议有关方面引以重视，切勿因小失大。

这一点倒是可以学学手机流量到期清零的作法，并设置奖励机制，鼓励减排而不是入市交易。

2014 **年** 6 **月** 26 **日**. 科学家以解决问题为己任，一般分为三个等级：三流就事论事，得到局部答案写篇论文，以发表论文为其科研目的，占 90% 以上；二流注重学科建设，选能够促使学科进步的问题研究，十中无一；一流注重本门学科与其他学科相互促进，以研究思想构建科学体系为己任，需丰富的履历和科学洞察力，百中无一，百年不遇。

2014 **年** 7 **月** 4 **日**. "*环境影响评价*" 需紧跟社会发展而改变方法，按项目生命周期而非某一片段评价，调整废弃物处置标准，约束当事人污染 0 排放。当下环境影响评价，一看领导意愿，二看人脉加跑步钱进，三才看各项指标及措施。加之，环保标准落后于经济发展，对环境保护已如鸡肋，产生项目均有合格评价但环境污染日趋严重的恶果 - 需深思。

2014 **年** 8 **月** 8 **日**. 人常说 "*墙内开花墙外香*"，细究其耐人寻味。墙是满园春色，以及满园香味的分水岭。墙外人遇香觉其香，遂赞其不已 - 识香能赏之，墙内人久闻花香，"*不识庐山真面目，只缘身在此山中*" 已不觉香，并感花香正常无奇 - 不能赏之。所以，花开在哪不重要，重要的是有识香人欣赏，这与千里马常有独缺伯乐如出一则。

2014 **年** 8 **月** 9 **日**. 政治家以天下为己任，科学家以解决问题为己任，前者需系统解决社会问题，后者需个个击破以追求问题最佳答案。

2014 **年** 8 **月** 29 **日**. 希特勒不迫害犹太人，爱因斯坦就不会离开德国；爱因斯坦不离开德国，原子弹可能就不会在美国研制成功，成为当今世界上称雄利器，德国也不会败得那么惨，历史也就会改写。德国人悔不该迫害犹太人，于是将爱因斯坦的话牢记于心并刻在柏林墙上，警示后人希特勒的错误不可再犯。

2014 **年** 9 **月** 19 **日**. 公理系统自治是经典数学的要求，但自然不以人的意志为转移。在人类看来，自然界充满矛盾，这就造成了经典数学结论看似很漂亮，但描写自然行为则苍白无力 (爱因斯坦语)。解决矛盾的办法是放开矛盾约束，采用组合思想构建现代数学系统，即进行数学系统组合重建与拓广。

腾讯微信毛博士 - 数学与采购

标签: 文化传承经典，数学理会万物

2015 **年** 2 **月** 1 **日**. 参加“国际组合与图论、几何与拓扑学术交流会议”期间与法国学者 C.Daviau 教授、R.Schott 教授，以及美籍华人张朝辉教授合影。出席会议的有美国、法国、德国、中国、日本、南韩、阿盟、坎培拉、马来西亚等国学者，其中国外学者 30 多位。会上我作首场 Plenary 报告“*Combinatorics After CC Conjecture*”(CC 猜想对组合学影响)。这里，CC 猜想是我 10 年前提出的推动整个数学发展的组合思想，带有很强的哲学意味。报告系统综述了 CC 猜想提出 10 年来其对代数、拓扑、微分几何、微分方程以及理论物理等组合发展框架和成果，让人耳目一新。

2015 **年** 3 **月** 5 **日**. 人活在希望中，虽无法实现，但只要心中有，活得便有动力，活着就能感受存在的价值和喜悦，就如小姑娘吹肥皂泡，虽泡泡最终会破灭，但破灭前五彩斑斓闪耀人间，虽然短暂，但不失其光芒。

2015 **年** 4 **月** 23 **日**. 老子一直是世人眼中的古哲学家，道教中称太上老君。殊不知《道德经》中有很多科学元，即科学创造源泉，比如第一章“名可名，非常名”，就蕴涵爱因斯坦“广义相对论”，只不过爱因斯坦是拿数学表示，老子则是由深邃洞察力而直接表述的，但涉及领域更宽，比如“钱财乃身外之物，只有身体是个人的”这句近年一些有钱人的体会，实际上也在其中。更有甚者，中国学者如果一百多年前对此深刻研究，广义相对论早就在中国诞生了，何来爱因斯坦？遗憾的是直到现在，国人还抱着“月亮是国外的圆”的教条，难怪创新缺乏。

2015 **年** 4 **月** 24 **日**. 社会公平缺失会导致社会信用缺失，以及各行业“托”的泛滥，在医院叫“医托”，入学叫“学托”，市场交易则称之为“皮条客”，究其原因，在于信息不公开、不透明，以及历来“熟人好办事”等观念。没有熟人就只能找托，比如医院就医，网上预约，但凡有点名的医院，预约排队最快在一周以后，现场排队拿号，起个大早不一定有，只能看着病情一天天加重；再比如学校自主招生，既然自主，招不招你决定权在学校，在评判手中。不认识人，水平再高不一定能上，此

时托就管用了，起码托收了钱会办事 - 这是行规，否则他别想在圈内混，这也为那些就医无路、入学无门的人开了一个口子。故此，各行各业皮条客的存在有其社会基础，反映的恰是社会资源分配不公和政府管理的薄弱，让人深思。

2015 **年** 5 **月** 13 **日**. 好人常在，但好心不一定办好事，电影《*归心似箭*》中讲了一个蚊子的故事：旧社会因为交不起租子，恶霸地主将父亲五花大绑地绑在草原一棵树上喂蚊子。儿子担心父亲，偷偷跑过去把趴在父亲身上吸血的一大群蚊子轰走了。结果第二天早上再去看，父亲已经奄奄一息。父亲临死前对儿子说："*儿啊，那一群蚊子吸我的血我还能抗住，你把他们轰走后来了一群更凶恶的蚊子，我实在扛不住了。你一个人好好过吧!*" 现如今，类似的蚊子太多太多。

2015 **年** 6 **月** 16 **日**. 在万源中学作"*文化传承经典 数学理会万物 - 从 1+1 在什么情况下不等于 2 谈起*"。报告从小品"*卖车*" 谈起，介绍容斥原理、鸽笼原理和拉姆齐问题及一些有趣故事和事例，如老婆老妈同时掉河里先救谁，薛定谔的猫以及盲人摸象等事例，引导学生思考科学与数学本质：万物之理 - 道，进而理解现代数学与物理中一些深刻思想和抽象数学方法，如群、环、域的提出背景，以及非完备运算系统，即二元代数系统的表示：图及其在平面、曲面上画法等，由粒子物理夸克模型引出数学矛盾系统等，引导学生从一个组合角度理解万事万物，修身进德，立志投身于科学研究。

2015 **年** 6 **月** 16 **日**. 美国《*物理进展*》的主编 Dmitri Rabounski 是俄罗斯人，封面上那句话"*All scientists shall have the right to present their scientific research results, in whole or in part, at relevant scientific conference, and to publish the same in printed journals, electronic archives, and other media* " 来自他著名的"*科学人权宣言*"。这一期（指 2015 年第 11 卷，编者注）有我的文章，讨论空间拓扑图上建立的 Banach 空间、希尔伯特空间在解释粒子多态问题、微分方程解与自然真实的关系，为数学组合应用于理论物理实证，也是由组合学理解万事万物的典型代表。

2015 **年** 8 **月** 8 **日**. 名与利常是人一生追求的，参不透死就看不明生，生是缘而死是道。难怪孔子讲三十而立、四十不惑、五十知天命，三十、四十年富力强，明白事理打拼天下，五十以后力不从心，也参透了生死，知道了该干什么。不过很多人参不透，六十、七十还处在三十、四十阶段，争来斗去，就是一个目的，名与利。看透一点吧，实在不行，去一趟北京八宝山革命公墓，什么都明白啦 – 生死由天，名归后世。

2015 **年** 9 **月** 9 **日**. 古人说得好：*千里马常有而伯乐难寻*。不是伯乐寻千里马而是千里马找伯乐，这必然是难的。现而今，草原上马也不多见，何况千里马。组织部

门管干部，择优选才，真是这样么？实际还是领导拍板定案，所以组织部门不是伯乐，领导才可能是伯乐。但现如今，谁没个圈子，谁不认识几个人呢，关键是跟对人，要不怎说你行你就行不行也行呢。以圈子划分用人方法不可能有伯乐，最终结果一定是兵熊熊一个，将熊熊一窝，更是腐败窝案产生原因。当社会以金钱作为唯一标准时这就是必然。

2015 年 9 月 10 日. 子曰："三人行必有吾师。" 师者，传道授业解惑者也！我不是职业教师，但从 2003 年起在国内讲授招标投标法、招标采购操作实务、案例分析及招标采购风险防范等课程，似乎又是一个不是教师的教师。国内听过我课的人数远在 50000 人以上，超过职业教师培养人数。去年去印度伽达埔大学参加一个几何学国际会议，学生老远就喊我 professor，心里还挺满足。印度尊师重教比国人要好，但只有中国有教师节，祝教师节日快乐，甭管是职业的还是非职业的，毕竟三人行必有吾师。

2015 年 10 月 21 日. 说到基本粒子物理学中的原子、原子核、电子，一般人都熟悉，但说到质子、中子，特别是夸克、轻子、重子，还有胶子等就如听天书。诺奖得主南部阳一郎《夸克：基本粒子物理前沿》这本介绍粒子物理的书，透露出理论物理学家和粒子物理学家在物质结构研究中的思想和解决方案，对科学研究人员很值得一读。这本书影响我采用组合思想看待粒子物理，进一步学习引力理论和粒子物理，进而近年在国外发表理论物理与粒子物理方面文章。

2015 年 11 月 13 日. 我为下个月在印度"全国数学与数学科学最新发展趋势学术会议"准备的 Plenary 报告"数学与自然真实 - 作用流"（*Mathematics with Natural Reality-Action Flow*）发给国际上一些著名学者，近日得到了他们的评价。美国新墨西哥大学 Smarandache 教授评价为"*Good work*"（出色研究，11 月 10 日），前国际数学联盟主席，匈牙利的 Lovasz 教授评价（11 月 11 日）为"*An interesting paper*"（一项令人感兴趣的研究）。此前，时任国际数学联盟主席的 lovasz 教授曾对我 2006 年在"全国第二届组合学与图论学术交流会"上 15 分钟报告的"组合思想与数学组合化猜想"评价为"一篇有趣的文章"，并肯定我的观点，即"组合学与其他科学的交叉将成为今后或将来一定时期内数学发展的主要动力"。我这次在印度的报告实际上印证了我在 10 年前提出的数学科学组合化猜想，也印证了"十年树木，百年树人"的思想，即科学研究十年建树，得到科学界承认，这不过相当树人的十分之一，因为人的修为是一生，百年。

2015 年 11 月 30 日. 国外学者一直认为我是几何学家，但我个人认为自己是数学组合学倡导者，这与 2009 年我在美国出版《组合几何及其在场论中的应用》（英

文）不无关系。最近看到罗马尼亚三位学者 2014 年在罗马尼亚出版的一部《中智、悖论与通讯》（英文）的著作，多次提到我的观点。第一章更是直接引用我在一些数学专著序言或是引言中的原话，翻译过来就是"二十一世纪的数学是经典数学的组合推广，这也是与二十一世纪科学发展协调并进的结果。在二十一世纪这种数学中，经典数学认为不正确的可能成为正确的，甚至经典数学中正确与不正确的断言可以同时在一个数学系统中成立"，第 1 章中应该至少有八次提到 Linfan Mao，即我本人姓名的汉语拼音全拼。

2015 年 12 月 20 日. 作为大会主宾 Chief Guest，应邀出席印度"全国数学与数学科学发展新趋势学术交流会"，接受司仪赠送的花篮，在大会开幕式致辞，在大会闭幕式上讲话，并作为大会执行主席主持了一场邀请报告。会上有 100 多位从事微分几何、拓扑学、函数论、微分方程和生物数学的学者进行研究成果报告。我应邀作了大会报告"数学与自然真实 – 作用流"（英文），系统报告了我近十年在国际上倡导的数学组合，即在空间拓扑图上构建作用流理论并以之处理矛盾系统、不可解微分方程，以及其在理论物理、生态学等方面的应用，让印度学者，特别是一些资深学者为之一震。我在本次会议开幕式和闭幕式上讲话原文及中文译稿将于近日在国际数学组合研究院网站 www.mathcombin.com 上刊出。会议期间我还与印度一些著名学者，如印度排在第一位的 Zafar Ahsan 教授合影留念。

2016 年 1 月 15 日. 这些年，我鲜在本土参加数学类学术会议，因国内会议费用太高，但主要得力于对"墙内开花墙外香"和"外来的和尚会念经"世态的参悟。前一句，墙内的人与花常年相处，审美疲劳是挑刺，置优点而不顾看缺点；墙外之人偶遇墙头伸出花欣赏，看优点而闻花香。对应的，后一句外来和尚会念经也是人视角使然，外来的，经念的再不好也是经！本地或本土的，经念的再好也不行，因心中已先认定不好。由此看来，经是一定要念给外地、外单位或国外的人听的，这样，你的经才有人信有人听，也才能提高你的人气和士气。

2016 年 1 月 15 日. 2015 年在大学或国际会议作了四次学术报告。1 月初在广东惠州学院面向高年级学生、研究生和数学系教授作"组合学及其在数学物理中应用 – 从老婆老妈同时掉河里先救谁谈起"报告，阐释组合学在其他科学中作用，1 月底在"国际图论与组合、拓扑与几何学术交流会"作 Plenary 报告"CC 猜想后的组合学"，系统总结 CC 猜想提出十年来对促进数学科学发展的作用，6 月在万源中学报告"文化传承经典 数学理会万物 – 从 1+1 在什么情况下不等于 2 谈起"，是一次面向中学生的科普报告，12 月在印度"全国数学及数学科学发展趋势学术交流会"报告"数学与自然真实 – 作用流"，系统阐释带有作用算子的空间有向图理论

基础及其在理论物理、生物数学等领域应用，这一年还收到了美国“*国际中智科学协会*”荣誉会员证书。科学研究永无止境，因为老子说的好；“*名可名非常名*”，只有不断进取，不懈探索，才有可能探知自然真谛。愿以此与朋友们共勉！

2016 **年** 2 **月** 15 **日**. 美国新墨西哥大学 Polymath，著名数学家、物理学家、悖论学家 F.Smarandache 教授撰写的*Mathematics for Everything with Combinatorics on Nature-A report on the promoter Dr.Linfan Mao of mathematical combinatorics*（数学理会万物组合探秘自然 - 记数学组合倡导者毛林繁博士）英文原文已分别在 www.research gate.net, www.scribd.com, http//viXra.org, www.academia.com 等美国、英国网站刊出，旨在宣传他的重空间思想和我的数学组合观，特别是我在数学组合领域完成的一些开创性成果与思想。

2016 **年** 3 **月** 18 **日**. “*手机控*”实际上是一种心理病态。大街上常见手机不离手、眼不离手机屏幕的人，而且比例不少于七八成：撞墙者有之，被障碍物绊倒者有之，过马路出交通事故者也有之。这实际上是一种病态：心里孤独，自与世隔绝，或是孤芳自赏，拒人于千里之外的心态。不敢想象：如果网络中断三天会是什么后果，大概是惶惶终日无所事事。

2016 **年** 5 **月** 20 **日**. 教师教书育人、医生救死扶伤、商人恪守诚信是中国几千年文化传承，然而在我们这个时代打破了！实质是缺乏礼制所致，即一些教师不为教师，医生不像医生，商人以获利为宗旨不折手段。如不能改变，社会基本秩序将不复在，因为缺乏做人根本，即人不为（wei，三声）人.

2016 **年** 6 **月** 15 **日**. 北大校训讲政治：*爱国进步民主科学*；清华校训讲修德：*自强不息、厚德载物*；浙大校训讲求是创新，大概这几年才定的，但均言简意骇，体现了华语国家的根本，唯看到印度思迪甘噶理工学院的校训让人一震，感觉还是校训与教书育人合拍为准。该校训为：*不偷盗，不杀生，不说谎，不枉怒，不让他人恶心，不孤芳自赏，不诋毁他人，这是净化思想与灵魂、向上帝祈祷接受祝福之路*，字虽有点多，但却体现了教书育人根本。

2016 **年** 6 **月** 27 **日**. 中国古语说得好：*不为良相，必为良医*！当时的文人大概只有为官或从医才是正道。但不知哪一年开始兴起了“*官本位*”，于是人们再不谈良医，因中医已经让西医取代。这样读书人就只有为官独自一条路才是成功之路。这大概也就是后来出现红顶商人和今天红顶中介的缘由吧，也是官商勾结的由来。我是学数学的，每次去印度参加国际数学学术会议不是大会主宾，就是大会贵宾，但在国内知道我是数学人的少之又少，大概只有身边几位朋友和几位同学，知道我的，都认为我从事招标采购理论与政策研究，因为我当着中国招标投标协会副秘书长，

这个不算官职但外人认为是官的虚职。由此看来，学问再好在中国也是没有用的，职位再低，只要是官在中国就是成功人士。所以在国内是一定要当官的，打破脑袋也要当，否则就不是成功人士。难怪乎市场上唯官是从，原因在于官手中的权势与资源，这才是出人头地之中国之道。

2016 年 6 月 30 日. 他是中国哲学奠基人。世人虽仅看到他短短的 5000 字，但他的“*道可道，非常道；名可名，非常名；无名万物之始，有名万物之母*”印证了人类文明始末。他的“*有无混成，相辅相成*”更是印证了人类认识上的矛盾和局限性，也成了科学研究的指南。这些年我应邀去印度参加国际数学会议，报告矛盾系统及其在数学与数学科学中的应用，常以他的话开始，或着以他的话结尾，总结报告精髓。这就是老子，一位让世人仰慕的圣人。

2016 年 7 月 13 日. 这些年去印度出席国际会议，感觉印度学术会议的开幕仪式很有意思，类似于宗教仪式，除主办方行政领导讲话、致辞外，学术首脑、主宾、嘉宾分别致辞，然后还要点蜡烛，专门歌手唱赞歌，以示学术研究的神圣，把学术研究推向神圣殿堂，唤醒人们尊重科学，尊重科研工作者。

2016 年 8 月 22 日. “*老婆老妈同时掉河里先救谁*”问题为什么公说公有理婆说婆有理？这里与大家分享一下我在 2012 年为内蒙师范大学数学系、北京建筑大学理学院师生作的数学报告，其中引子就是这个问题，并指出其与量子物理中“薛定谔的猫”同属一类问题，而后者及引出重叠空间理论，对量子物理的发展起到了至关重要的作用。

2016 年 10 月 2 日. *是大城市好还是小城市好？*美国多大城市，德国多小城镇，谁是谁非并没有定论。大都市繁荣，小城镇生活便利和吃得健康。请看一组山村家种蔬菜，绿色中透着健康，城里生活没法比！就看你追求什么、喜欢什么了，这与问老婆老妈同时掉河里先救谁答案是一样的！

2016 年 10 月 31 日. 学组合的人，大都喜欢研究图结构性质或是组合计数；学微分方程的人，则喜欢刻画解的性态，或是应用到动力系统研究系统稳定性问题，但应用到生物数学，刻画生物种群运动或是稳定性则捉襟见肘 – 讨论两个种群比较得心应手，因为这实际上还是讨论微分方程解的性态，故对于三个以上种群的讨论，只能是可以化简为两个种群的情形。实际上，三个以上种群性态刻画需要同时用到微分方程和组合学技巧，这正是我近年在国际上倡导的作用流模型。应大会组委会邀请，我于今年 12 月印度“*数学在拓扑动力学、物理、生物和化学系统中的应用国际学术交流会议*”上拟作 Plenary 报告“*生物 n- 种群系统及整体稳定性*”即是两者的有机结合。实际上，数学想真正应用于自然或社会，离不开与组合，特别是图论

的结合，这方面还有大量工作需要研究。

2016 年 10 月 31 日. 人生就是旅行 (自编易企秀 APP) :

STEP 1.吾生于德阳，后万源求学 10 年。15 岁至于学但终未考上大学。





图 4.3.1

STEP 2.虽未入大学校门但矢至于学，及 30 而立，学有小成开始发表论文。



图 4.3.2

STEP 3.1999 年而立之年入大学校门 – 北方交通大学攻读博士学位，至 40 世事不再疑惑。





图 4.3.3

STEP 4.2003 年进入中国科学院数学与系统科学研究院从事博士后研究，批判性反思完成的博士论文价值及数学真谛。



图 4.3.4

STEP 5.知天命之年奔波布道，步入国内外讲坛演讲，传播数学与科学知识，学生弟子 50000 余人。



图 4.3.5

STEP 6.2007 年美国创刊《国际数学组合杂志》，2015 年当选国际中智科学学会荣誉会员，2016 年美国一教授撰写记录吾学术足迹文章。





图 4.3.6

STEP 7.走向国际学术讲坛，担任主宾、贵宾和大会报告人。后开展数学反思与批判，报告数学与自然真实，探索认识的局限性及突破。




图 4.3.7

STEP 8.在印度一教授家中做客，感悟人生就是旅行，一个目标走向下一个目标。




图 4.3.8

STEP 9.这里有多少值得欣赏的风景，这里有需深思的路标；走过一个个美好景点，然后我才发现，我留下的不只是背影。



图 4.3.9

STEP 10.沿着伟人指引布道、释疑，作知识的传播者，然后我才发现，我不单单是经典的过客。





图 4.3.10

STEP 11.人活着希望中! 虽然目标不一定能实现, 但有目标就有前进动力。



图 4.3.11

做参与人而非匆匆过客, 体会其真谛, 实现人生完美价值是吾追求而无暇止步观赏。

STEP 12.佛分人类为 3 级。初级劳苦奔波为求生, 中级传教布道普惠人间, 高级如佛祖引领人类走向辉煌。



图 4.3.12

我愿从初级走向高级, 就人生旅行与世人分享!

2016 年 12 月 12 日. 作为大会组委会邀请的 Honoury Guest, 刚刚在印度出席完“数学在拓扑动力学、物理、生态和化学系统中的应用国际学术交流大会”, 来自

中国、英国、法国和印度国内 150 余人出席了为期三天的会议。

应组委会邀请在大会开幕式上致辞。不想致辞中“人与自然协调发展的前提是认识自然”和“应用数学是数学创造的源泉”引起组委会 Rajkumar 教授与数学会其他几位会长共鸣，认为致辞提升了大会整体高度，是画龙点睛，一再邀请在大会闭幕式上再讲讲话。我开、闭幕式上讲话中英文稿近日将刊于国际数学组合研究院网站 www.mathcombin.com。

应邀请，我在大会第一个作 Plenary 报告“论生物 n- 种群系统及其整体稳定性”。报告采用研究图上微分方程的方法讨论了生物 n- 种群系统，打破了生物数学近年仅能定量研究三个以下种群局面。

大会期间也与印度一些著名学者交流、研讨并合影留念。其中一位与我合影的是印度著名数学物理学家，称与国内著名物理学家周培源很熟，让我对其肃然起敬。

参会期间，我还把 2011 年在美国出版的《地图、曲面和 Smarandache 几何自同构群》、《Smarandache 重叠空间理论》和《组合几何及其在场论中的应用》三本英文著作的第 2 版送给了加尔各答数学会（CMS）图书馆藏。

2016 **年** 12 **月** 21 **日**. 美国 SCI 指标 35.5 亿卖给了汽车制造商，是什么推高了其价值？答案是中国科研体制，是中国的大学与科研机构，因为中国官方把 SCI 论文引用指标作为评价科研人员能力的利器，这一谬误在中国沿用了几十年。殊不知，诺贝尔经济学奖得主 Reinhard Selten 在 1994 年获奖前没发表过一篇论文，其引用因子是 0，不失为对国内作法的辛辣讽刺！我们在与国际接轨的同时，科技评价为何迟迟不接轨？

2017 **年** 1 **月** 1 **日**. 自然不与人的意志为转移，尤其表现在有一定思考、判断和应变能力的生态系统中。生态系统实际上是一种矛盾系统，采用经典数学无法全面刻画而仅能通过海量数据进行行为统计分析。近十年，特别是 2012 年以来，采用组合方法将矛盾系统转化为数学相融，进而刻画系统行为，一直是我在国际学术会议上呼吁的，其中尤以我的“*Mathematics on non-mathematics-a combinatorial contribution*”（2014 年发表）为代表，因为矛盾产生于人类自我而非自然本性。2017 年元旦在家看美国能源部计算生物项目数学委员会和国家科学院国家研究委员会联合颁布的，以指导数学生物学研究的综合报告《数学与 21 世纪生物学》，发现这种思想恰恰是认识生物系统，让数学与生物学融合发展需求的，这也是我去年 12 月在印度“数学在拓扑动力学、物理生态和化学系统中的应用国际学术交流大会”上采用组合方法报告“n- 生态系统及其整体稳定性”，小试牛刀闯入生物数学缘由。

2017 **年** 2 **月** 18 **日**. 《招标投标法条文辨析及案例分析》是我在国内出版唯一

一部讲授招标投标法的著作。其起因是为给北京建筑工程学院（现北京建筑大学）招标采购方向本科生写一本知其然，知其所以然的教科书，个人承担了其中“招标投标法实务”一科教材编写，因为此前个人已在社会上讲授了十余年、上百场招标投标法及案例分析的课。后发现教材内容对本科生而言有点深了，于是与责任编辑商量将其从原系列教材中抽出来，作为本科生和研究生参考书，因为这样读者群会更大，这就是《招标投标法条文辨析及案例分析》的由来。该书 2013 年 5 月由中国建筑工业出版社出版至今，多次重印，对正确理解法律条文实质，辅以案例分析，进而引导读者知其然知其所以然起到了应有作用。

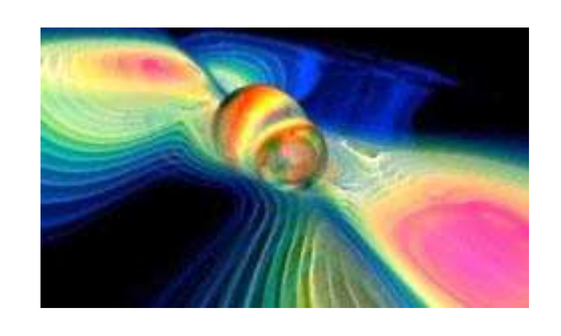
2017 年 2 月 21 日. 我在美国出版的第 1 部专著《地图、曲面与 Smarandache 几何的自同构群》于 2005 年（绿皮书）面世，这实际上是我 2005 年为中国科学院数学与系统科学研究院完成的博士后报告的扩充版。博士后研究结束后，北京没有大学数学教学或科研机构愿意接纳我，只能回到此前打工的一家招标公司工作，有种让数学界抛弃的感觉。恰好这年 3 月美国研究出版社一位编辑给我来封信，称专门资助一些方向的著作在美国出版。我很欣赏个人在博士后报告中提出的泛组合，即数学组合思想，认为虽不能专职从事数学研究，把报告出版出来留给后人，说不定那天就有人会沿着这一思想将数学科学发扬光大。于是抱着试一试的想法与美国那位编辑联系，详细阐述了其中的成果和研究思想，不想得到了他们的支持，这就是 2005 年的那本书。它实际上是一本讲述群作用理论在地图计数上应用的一本书。该书电子版放到美国新墨西哥大学网站上后，一段时间曾为该网站电子书下载量最高的一本书。但它终归是博士后研究报告，对读者需要较深的数学基础。为此，有必要增加书中的相关数学基础，以使只要具备大学本科数学的人稍加努力就能掌握其方法和思想。为此，经过两年多努力，该书第二版于 2011 年作为美国教育出版社的研究生教材在美国出版（黄皮书）。该书第一版不过 120 页，而第二版则达 380 多页，也增加了不少过去六年间的新研究成果。正因为有美国一些朋友的帮助，我才没放弃数学研究并逐渐走向国际舞台，推动数学组合研究，而其基点正是来源于我 2005 年完成的博士后报告，即那本绿皮书的第 5 章。

2017 年 3 月 20 日. 评“中国科学院朱清时：客观世界有可能并不存在” – 作者陷入怪圈：人的意识与自然界相互纠缠、影响，与客观世界不以人的意志为转移相悖，其论点虽是量子纠缠，但其结果是人观察所致，即现在的科学基于人单一观察而建立，必然导致作者结论，需要跳出这个怪圈，否则必然得出自然是人所创造的谬论，这样一来，就连上帝也不复存在了！

2017 年 4 月 19 日. 在成都参加“2017 春季国际应用数学与工程数学学术交流

会议”，作 Plenary 报告“连续与离散数学，哪个更有利于把握事物真实”，这实际上是个哲学问题，带来的是对自然认识的不同，进而导致矛盾系统，化矛盾为数学相容才是把握事物真实的有效手段。我的观点：需要在经典数学基础上，构建空间组合结构上的数学，即二者统一，进而在局部认识基础上把握事物的整体. 类似报告已经在国际上作过三次，但在国内还是第一次。

第 5 篇　媒体记载



人生就是由一个目标走向下一个目标并从中享受，因为有目标才会有方向，有目标才会有追求，才会有幸福感。

数学理会万物 组合探秘自然[1]

– 记数学组合倡导者毛林繁博士

F. 司马仁达奇教授、博士
(美国新墨西哥大学数学与科学系, 古瑞丽大街 705 号, 咖乐普, NM 87301, USA)
http://fs.gallup.unm.edu/FlorentinSmarandache.htm

科学的目的在于认识自然以使人类更好地适应自然, 数学则在于为人类认识自然提供定量分析、解决问题的方法。抽取事物的典型特征构建数学模型, 然后对其分析和预测, 进而指导人类把握事物本质, 是数学服务与其他科学的方法和手段。

我们知道, 事物间矛盾普遍存在但数学系统是逻辑自相容的, 大科学家爱因斯坦曾戏言数学与自然事物的关系道:"一个数学定律一旦对应自然真实, 他们什么也没确定, 而一旦他们给出确定性结论, 则又往往远离自然真实"。为什么会出现这种情况? 其原因在于数学系统的无矛盾要求使得经典数学方法提供的认识工具带有一定局限性, 不能完整地对应自然。故化矛盾为数学相容, 构建与自然真实匹配的数学模型, 是人类认识自然, 把握自然真实的必经途径。近 10 年来, 毛林繁博士在国际上倡导的基于 Smarandache 重空间的数学组合学, 正是围绕这一科研思想不断深入并得到国际数学界认可的, 殊不知, 这也正是东方文化倡导的认识理念, 即在对个体认识基础上把握全局或整体, 而这也正是组合学本质。

毛林繁 1962 年 12 月 31 日出生在一个工人家庭, 从万源中学高中毕业后, 在中国建筑二局第一工程公司当过架子工, 担任过技术员、技术队长、科长和项目总工程师等职, 对数学有着特别偏好, 于 1995 年通过自学完成其数学专业本科学业, 以及图论、组合数学等硕士课程学习, 获得北京大学理学学士学位; 1999 年进入北方交通大学, 在刘彦佩教授指导下攻读博士学位, 2002 年完成拓扑图论博士论文"论给定基础图的地图"并获得博士学位, 2003 年 –2005 年在中国科学院数学与系统科学研究院田丰研究员指导下完成地图与曲面自同构群博士后报告, 随后, 他与美国几位教授合作, 开展组合方法在其他数学科学领域应用研究, 经过 10 年不懈的努力, 业已形成了自己独创的科研理念和方法。2006 年, 在"全国第二届组合学与

[1]《中国科技论文在线》和《中国传媒内参》头条号, 2016 年 7 月 3 日

图论学术交流会”上，毛林繁就其博士后报告提出的“任何一门数学科学都可以组合化或是组合重建，并在此基础上拓广数学范畴”猜想作了“组合思想与数学组合化猜想”专题报告，提出了二十一世纪数学发展的原动力是组合学，即把不同经典数学分支组合在一起构建新的数学包络理论，使经典分支是其特例或局部，或是确定经典数学的组合结构，并在组合结构基础上拓广或更深入研究其结构及不变量，即 CC 猜想。他的报告虽然仅短短的 15 分钟，却吸引了国内从事组合学与图论学者，因为他们大都从事组合学或图论某一经典问题研究，没思考过组合学对数学及其他科学整体发展的推动作用。报告全文在学术期刊发表后更是得到国际数学家联盟 IMU 主席 L.Lovasz （罗瓦茨）教授“一篇相当有趣的论文”的评价，给其回信道“我同意你的观点，组合学，或更广泛地组合学与其他经典数学的交叉研究将成为当下数学研究，或是不远的将来数学研究的主要论题”，该文也成了维基数字百科全书中匈牙利语诠释“组合学”一词的参考文献。2015 年，在“国际组合与图论、拓扑与几何学术交流会议”上，受大会组委会邀请毛林繁博士在会上作了“CC 猜想后的数学 – 组合思想与成果”大会报告，系统总结了猜想提出 10 年来其在推动代数、拓扑、欧氏几何与微分几何、不可解微分方程，或是更一般地，化经典矛盾数学为数学相容系统、量子力学、引力场等领域的贡献和组合研究思想，受到了来自美国、法国、德国等国学者高度重视，而报告中不少成果正是由其本人在近 10 年完成的。

人类对自然的认识基于观察，并在此基础上构建微分方程描写事物行为。然而，微观粒子的不确定性，或是观察者身处不同的空间位置观察事物行为，结果往往导致其对应不同的微分方程。例如，观察者进入到事物内部观察时得到的方程组一般不可解但其每个方程可解。怎样解释这种奇怪现象？中国有句古老的诗句说的好，“不识庐山真面目，只缘身在此山中”。所以，矛盾是人类认识上的局限性或片面性使然，并非自然本性。任何一个事物在自然界中均有其对应的组合结构，在此基础上自然事物协调一致，共同发展。为提炼自然这种本性，即在组合结构基础上化解经典数学中的矛盾为相容系统，以使数学更好地服务于其他科学，毛林繁博士以节点守恒律为基础，在拓扑结构上构建并拓广了经典巴拿赫空间、希尔伯特空间，并在此基础上研究了代数方程组、常分微分方程组和偏微分方程组的组合流解及其几何性质，构建了微观粒子的组合模型，给出了其不确定性的数学解释等成果。为让更多的人知晓他处理矛盾系统的组合思想，2015 年 12 月，作为大会邀请主宾（Chief Guest）他在印度“全国数学及数学科学发展新趋势学术交流大会”上作了“数学与自然真实 - 作用流”大会报告，得到了与会者高度赞赏。

从 2005 年博士后研究工作结束至今，毛林繁博士始终采用组合探秘自然，并与

美国学者合作完成多项研究工作，构建了由组合到拓扑，拓扑到几何，再由几何学到理论物理的研究路径，先后在美国出版 3 部数学研究生教材、多部论文集以指导青年教师和研究生沿其组合思想开展研究。现如今，他是国际数学组合研究院（美国）院长，《国际数学组合杂志》(ISSN 1937-1055, 2007 年美国创刊) 主编。

走自己的路，"既然目标是地平线，留给世界的只能是背影"，毛林繁博士现同时担任中国招标投标协会副秘书长，每天忙于招标采购政策及采购优化技术研究，但却是数学与采购相得益彰。2013 年，他在为《首届国际重空间与重结构学术会议论文集》(2013 年美国出版）写的后记"我与重空间的故事"中曾戏言道："讲到重空间，我本人就是一个恰当例子。我学生时代第一个专业是工业与民用建筑，于是在中国一家大型建筑施工企业从事了 10 多年技术管理工作，但个人一直致力于数学研究，因为志向是数学，故此在博士与博士后都是从事的数学研究。很奇怪的现象是在谷歌上搜我的名字 Linfan Mao，看到的基本上都是一些我与数学有关的事项，包括我在国外用英文出版的一些专著、发表的论文等，但在百度上搜毛林繁，看到的条目几乎都是招标采购事项，因为我同时担任中国招标投标协会副秘书长一职。于是我一个人就出现了两种面孔给公众：在外国人眼里，我是一位数学工作者；在国人眼里，我是一位招标采购理论工作者，所以我本身就是一个重空间。"他文中同时提到："我在美国出版的一本著作《组合几何及其在场论中的应用》中有一节，专门讨论《道德经》中几段关于科学认识的思想，并将拓扑图作为事物内蕴结构，对拓扑学、微分几何中的空间模型和引力场、规范场进行组合并分析其行为，而这正是我的数学组合思想在科学研究中的应用实例。所以，从事科学研究，不懂中国哲学是不行的，因为只有中国人的思想是系统思想，研究事物考虑其方方面面，这也正是 Smarandache 重空间的初步形态。有道是：哲学给人以智慧，数学给人以精准，二者有机结合，就在重空间基础上产生了研究事物多面性的工具 – 数学组合，这是一种科学研究的升华，对于人类认识自然不能不说是一件十分有益的事情。"

以上便是我对毛林繁博士数学组合思想及其相关研究工作的一些介绍。由此我们看到，毛林繁博士正在走一条符合人类认识自然规律的研究之路。正如他本人所说："数学离不开自然，只有那些为人类认识自然提供有效方法的数学，才是数学人追求目标!"而他在国际上倡导并持之以恒研究的数学组合，正是这样一种数学，已得到多国学者响应，也已有专门的国际期刊和研究机构。我们深信，沿着他的这一思想，数学工作者定会为人类认识自然提供更多有效的数学方法，以使人类更好地认识自然并适应其发展。

编者按. 本文作者 F. 司马达仁齐教授是国际著名数学家、物理学家、悖论学家，国际中智学奠基人，其研究涉及数学、物理、模式识别、艾滋病防控等自然科学

与社会科学多个领域，先后出版了数百部著作。他在文中记叙的毛林繁博士，是近年活跃在国际数学界，特别是印度数学舞台上一位著名的中国学者，先后为印度一些大型国际会议以大会主宾、贵宾身份邀请作大会报告，其研究思想和成果更得到了与会者普遍赞许。

附录：“数学理会万物 组合探秘自然 – 记数学组合倡导者毛林繁博士” 英文版

Mathematics for Everything with Combinatorics on Nature[1] – A Report on the Promoter Dr.Linfan Mao of Mathematical Combinatorics

Florentin Smarandache

(Mathematics & Science Department of University of New Mexico, Gallup, NM 87301, USA)

http://fs.gallup.unm.edu/FlorentinSmarandache.htm

E-mail: fsmarandache@gmail.com

The science's function is realizing the natural world, developing our society in coordination with natural laws and the mathematics provides the quantitative tool and method for solving problems helping with that understanding. Generally, understanding a natural thing by mathematical ways or means to other sciences are respectively establishing mathematical model on typical characters of it with analysis first, and then forecasting its behaviors, and finally, directing human beings for hold on its essence by that model.

As we known, the contradiction between things is generally kept but a mathematical system must be homogenous without contradictions in logic. The great scientist Albert Einstein complained classical mathematics once that "As far as the laws of mathematics refer to reality, they are not certain; and as far as they are certain, they do not refer to reality." Why did it happens? It is in fact result in the consistency on mathematical systems because things are full of contradictions in nature in the eyes of human beings, which implies also that the classical mathematics

[1] *International J.Math.Combin.* Vol.1,2016, 103-133, www.research gate.net, www.scribd.com, www.viXra.org and www.academia.com

for things in the nature is local, can not apply for hold on the behavior of things in the world completely. Thus, turning a mathematical system with contradictions to a compatible one and then establish an envelope mathematics matching with the nature is a proper way for understanding the natural reality of human beings. The *mathematical combinatorics* on Smarandache multispaces, proposed by Dr.Linfan Mao in mathematical circles nearly 10 years is just around this notion for establishing such an envelope theory. As a matter of fact, such a notion is praised highly by the Eastern culture, i.e., to hold on the global behavior of natural things on the understanding of individuals, which is nothing else but the essence of combinatorics.

Linfan Mao was born in December 31, 1962, a worker's family of China. After graduated from Wanyuan school, he was beginning to work in the first company of *China Construction Second Engineering Bureau* at the end of December 1981 as a scaffold erector first, then appointed to be technician, technical adviser, director of construction management department, and then finally, the general engineer in construction project, respectively. But he was special preference for mathematics. He obtained an undergraduate diploma in applied mathematics and Bachelor of Science of *Peking University* in 1995, also postgraduate courses, such as those of graph theory, combinatorial mathematics, $\cdots$, etc. through self-study, and then began his career of doctoral study under the supervisor of Prof.Yanpei Liu of *Northern Jiaotong University* in 1999, finished his doctoral dissertation "A census of maps on surface with given underlying graph" and got his doctor's degree in 2002. He began his postdoctoral research on automorphism groups of surfaces with co-advisor Prof.Feng Tian in *Chinese Academy of Mathematics and System Science* from 2003 to 2005. After then, he began to apply combinatorial notion to mathematics and other sciences cooperating with some professors in USA. Now he has formed his own unique notion and method on scientific research. For explaining his combinatorial notion, i.e., *any mathematical science can be reconstructed from or made by combinatorization, and then extension mathematical fields for developing mathematics*, he addressed a report "Combinatorial speculations and the combinatorial conjecture for mathematics" in *The 2nd Conference on Combinatorics and Graph Theory of China* on his postdoctoral report "On automorphism groups of maps, surfaces and Smarandache geometries" in 2006. It is in this report he pointed out that the motivation for developing mathematics in 21th century is combinatorics, i.e., establishing

an envelope mathematical theory by combining different branches of classical mathematics into a union one such that the classical branch is its special or local case, or determining the combinatorial structure of classical mathematics and then extending classical mathematics under a given combinatorial structure, characterizing and finding its invariants, which is called the *CC conjecture* today. Although he only reported with 15 minutes limitation in this conference but his report deeply attracted audiences in combinatorics or graph theory because most of them only research on a question or a problem in combinatorics or graph theory, never thought the contribution of combinatorial notion to mathematics and the whole science. After the full text of his report published in journal, Prof.L.Lovasz, the chairman of *International Mathematical Union* (IMU) appraise it "an interesting paper", and said "I agree that combinatorics, or rather the interface of combinatorics with classical mathematics, is a major theme today and in the near future" in one of his letter to Dr.Linfan Mao. This paper was listed also as a reference for the terminology *combinatorics* in Hungarian on Wikipedia, a free encyclopedia on the internet. After CC conjecture appeared 10 years, Dr.Linfan Mao was invited to make a plenary report "Mathematics after CC conjecture – combinatorial notions and achievements" in the *International Conference on Combinatorics, Graph Theory, Topology and Geometry* in January, 2015, surveying its roles in developing mathematics and mathematical sciences, such as those of its contribution to algebra, topology, Euclidean geometry or differential geometry, non-solvable differential equations or classical mathematical systems with contradictions to mathematics, quantum fields and gravitational field. His report was highly valued by mathematicians coming from USA, France, Germany and China. They surprisingly found that most results in his report are finished by himself in the past 10 years.

Generally, the understanding on nature by human beings is originated from observation, particularly, characterizing behaviors of natural things by solution of differential equation established on those of observed data. However, the uncertainty of microscopic particles, or different positions of the observer standing on is resulted in different equations. For example, if the observer is in the interior of a natural thing, we usually obtain non-solvable differential equations but each of them is solvable. How can we understand this strange phenomenon? There is an ancient poetry which answer this thing in China, i.e., "Know not the real face of Lushan

mountain, Just because you are inside the mountain". Hence, all contradictions are artificial, not the nature of things, which only come from the boundedness or unilateral knowing on natural things of human beings. Any thing inherits a combinatorial structure in the nature. They are coherence work and development. In fact, there are no contradictions between them in the nature. Thus, extending a contradictory system in classical mathematics to a compatible one and establishing an envelope theory for understanding natural things motivate Dr.Linfan Mao to extend classical mathematical systems such as those of Banach space and Hilbert space on oriented graphs with operators, i.e., action flows with conservation on each vertex, apply them to get solutions of action flows with geometry on systems of algebraic equations, ordinary differential equations or partial differential equations, and construct combinatorial model for microscopic particles with a mathematical interpretation on the uncertainty of things. For letting more peoples know his combinatorial notion on contradictory mathematical systems, he addressed a report "Mathematics with natural reality – action flows" with philosophy on the *National Conference on Emerging Trends in Mathematics and Mathematical Sciences of India* as the chief guest and got highly praised by attendee in December of last year.

After finished his postdoctoral research in 2005, Dr.Linfan Mao always used combinatorial notion to the nature and completed a number of research works. He has found a natural road from combinatorics to topology, topology to geometry, and then from geometry to theoretical physics and other sciences by combinatorics and published 3 graduate textbooks in mathematics and a number of collection of research papers on mathematical combinatorics for the guidance of young teachers and post-graduated students understanding the nature. He is now the president of the *Academy of Mathematical Combinatorics & Applications* (USA), also the editor-in-chief of *International Journal of Mathematical Combinatorics* (ISSN 1937-1055, founded in 2007).

Go your own way. "Now the goal is that the horizon, Leaving the world can be only your back". Dr.Linfan Mao is also the vice secretary-general of *China Tendering & Bidding Association* at the same time. He is also busy at the research on bidding purchasing policy and economic optimization everyday, but obtains his benefits from the research on mathematics and purchase both. As he wrote in the postscript "My story with multispaces" for the *Proceedings of the First International*

Conference on Smarandache Multispace & Multistructure (USA) in 2013, he said: "For multispaces, a typical example is myself. My first profession is the industrial and civil buildings, which enables me worked on architecture technology more than 10 years in a large construction enterprise of China. But my ambition is mathematical research, which impelled me learn mathematics as a doctoral candidate in the *Northern Jiaotong University* and then, a postdoctoral research fellow in the *Chinese Academy of Sciences*. It was a very strange for search my name on the internet. If you search my name *Linfan Mao* in Google, all items are related with my works on mathematics, including my monographs and papers published in English journals. But if you search my name *Linfan Mao in Chinese* on Baidu, a Chinese search engine in China, items are nearly all of my works on bids because I am simultaneously the vice secretary-general of China Tendering & Bidding Association. Thus, I appear 2 faces in front of the public: In the eyes of foreign peoples I am a mathematician, but in the eyes of Chinese, I am a scholar on theory of bidding and purchasing. So I am a multispace myself." He also mentioned in this postscript: "There is a section in my monograph *Combinatorial Geometry with Applications to Fields* published in USA with a special discussion on scientific notions appeared in *TAO TEH KING*, a well-known Chinese book, applying topological graphs as the inherited structure of things in the nature, and then hold on behavior of things by combinatorics on space model and gravitational field, gauge field appeared in differential geometry and theoretical physics. This is nothing else but examples of applications of mathematical combinatorics. Hence, it is not good for scientific research if you don't understand Chinese philosophy because it is a system notion on things for Chinese, which is in fact the Smarandache multispace in an early form. There is an old saying, i.e., philosophy gives people wisdom and mathematics presents us precision. The organic combination of them comes into being the scientific notion for multi-facted nature of natural things on Smarandache multispaces, i.e., mathematical combinatorics. This is a kind of sublimation of scientific research and good for understanding the nature."

This is my report on Dr.Linfan Mao with his combinatorial notion. We therefore note that Dr.Linfan Mao is working on a way conforming to the natural law of human understanding. As he said himself: "mathematics can not be existed independent of the nature, and only those of mathematics providing human beings with

effective methods for understanding the nature should be the search aim of mathematicians!"As a matter of fact, the mathematical combinatorics initiated by him in recent decade is such a kind of mathematics following with researchers, and there are journals and institutes on such mathematics. We believe that mathematicians would provide us more and more effective methods for understanding the nature following his combinatorial notion and prompt the development of human society in harmony with the nature.

国外学术著作引用摘编

《Unfolding the Labyrinth: Open Problems in Physics, Mathematics, Astrophysics, And Other Areas of Science》

(Pages: 28–30)

Authors: F.Smarandache, V.Christianto, Fu Yuhua, R.Khrapko, J. Hutchison

Publisher: Hexis, USA, 2006.

2.10 Smarandache Geometries and Degree of Negation in Geometries

We now present a more general class of geometries extracted from [1].

Definition *An axiom is said Smarandachely denied if the axiom behaves in at least two different ways within the same space (i.e., validated and invalided, or only invalidated but in multiple distinct ways).*

A Smarandache Geometry is a geometry which has at least one Smarandachely denied axiom (1969).

Notations Let' s note any point, line, plane, space, triangle, etc. in a Smarandacheian geometry by s-point, s-line, s-plane, s-space, s-triangle respectively in order to distinguish them from other geometries.

Applications Why these hybrid geometries? Because in reality there does not exist isolated homogeneous spaces, but a mixture of them, interconnected, and each having a different structure.

The Smarandache geometries (SG) are becoming very important now since they combine many spaces into one, because our world is not formed by perfect homogeneous spaces as in pure mathematics, but by nonhomogeneous spaces. Also,

SG introduce the degree of negation in geometry for the first time [for example an axiom (or theorem, or lemma, or proposition) is denied in 40% of the space and accepted in 60% of the space], that's why they can become revolutionary in science and this thanks to the idea of partially denying and partially accepting of axioms/theorems/lemmas/propositions in a space (making multi-spaces, i.e. a space formed by combination of many different other spaces), similarly as in fuzzy logic (or in neutrosophic logic - the last one is a generalization of the fuzzy logic) the *degree of truth* (i.e. for example 40% false and 60% true).

Smarandache geometries are starting to have applications in physics and engineering because of dealing with non-homogeneous spaces.

In the Euclidean geometry, also called parabolic geometry, the fifth Euclidean postulate that there is only one parallel to a given line passing through an exterior point, is kept or validated

In the Bolyai-Gauss geometry, called hyperbolic geometry, this fifth Euclidean postulate is invalidated in the following way: there are infinitely many lines parallels to a given line passing through an exterior point.

While in the Riemannian geometry, called elliptic geometry, the fifth Euclidean postulate is also invalidated as follows: there is no parallel to a given line passing through an exterior point.

Thus, as a particular case, Euclidean, Bolyai-Gauss, and Riemannian geometries may be united altogether, in the same space, by some Smarandache geometries. These last geometries can be partially Euclidean and partially Non-Euclidean. Howard Iseri [3] constructed a model for this particular Smarandache geometry, where the Euclidean fifth postulate is replaced by different statements within the same space, i.e. one parallel, no parallel, infinitely many parallels but all lines passing through the given point, all lines passing through the given point are parallel.

Mao Linfan [2, 3] showed that SG are generalizations of Pseudo- Manifold Geometries, which in their turn are generalizations of Finsler Geometry, and which in its turn is a generalization of Riemann Geometry.

References

[1] Kuciuk L., Antholy M., An Introduction to Smarandache Geometries, *Mathematics Magazine*, Aurora, Canada, Vol. 12, 2003.

[2] Mao, Linfan, An introduction to Smarandache geometries on maps, *2005 International Conference on Graph Theory and Combinatorics*, Zhejiang Normal University, Jinhua, Zhejiang, P. R. China, June 25-30, 2005.

[3] Mao, Linfan, *Automorphism Groups of Maps, Surfaces and Smarandache Geometries*, partially post-doctoral research for the Chinese Academy of Science, Am. Res. Press, Rehoboth, 2005.

《Neutrosophy, Paradoxism and Communication》

(Pages: 10–12)

Authors: F.Smarandache, Dan Valeriu Voinea and Elena Rodica Opran

Publisher: Editura SITECH Craiova, România, 2014.

3.1 Mathematics

What is the mathematics of the 21st century? - is wondering professor Linfan Mao. "*The mathematics of the 21st century is the combinatorization with its generalization for classical mathematics, also the result for mathematics consistency with the scientific research in the 21st century. In the mathematics of 21st century, we can encounter some incorrect conclusions in classical mathematics maybe true in this time, and even a claim with its non-claim are true simultaneously in a new mathematical system*" asserts Linfan Mao: *Mathematics of 21st Century–A Collection of Selected Papers.*

"*The mathematics of 21st century aroused by theoretical physics Smarandache multi-space theory*" asserts Linfan Mao, "*is a paper for introducing the background, approaches and results appeared in mathematics of the 21st century, such as those of Big Bang in cosmological physics, Smarandache multi-spaces, Smarandache geometries, maps, map geometries and pseudo-metric space geometries, also includes discussion for some open problems in theoretical physics*" (Linfan Mao, 2006).

Definition *A Smarandache Geometry is a geometry which has at least one smarandachely denied axiom.*

"*An axiom is said smarandachely denied if in the same space the axiom behaves differently (i.e., validated and invalided; or only invalidated but in at least two distinct ways). Therefore, we say that an axiom is partially negated, or there is a degree of negation of an axiom*" according Smarandache's theory (Linfan Mao, 2011).

Thus, as a particular case, Euclidean, Lobachevsky-Bolyai- Gauss, and Riemannian geometries may be united altogether, in the same space, by some Smarandache geometries. These last geometries can be partially Euclidean and partially Non-Euclidean. It seems that Smarandache Geometries are connected with the Theory of Relativity (because they include the Riemannian geometry in a subspace) and with the Parallel Universes.

The most important contribution of Smarandache geometries was the introduction of the degree of negation of an axiom (and more general the degree of negation of a theorem, lemma, scientific or humanistic proposition) which works somehow like the negation in fuzzy logic (with a degree of truth, and a degree of falsehood) or more general like the negation in neutrosophic logic (with a degree of truth, a degree of falsehood, and a degree of neutrality (neither true nor false, but unknown, ambiguous, indeterminate) [not only Enclid' s geometrical axioms, but any scientific or humanistic proposition in any field] or partial negation of an axiom (and, in general, partial negation of a scientific or humanistic proposition in any field) (Linfan Mao, 2006)

These geometries connect many geometrical spaces with different structures into a heterogeneous multi-space with multi-structure.

In particular, a Smarandache geometry is such a geometry in which there is at least one Smarandachely denied rule, and a Smarandache manifold (M;A) is an n-dimensional manifold M that supports a Smarandache geometry. In a Smarandache geometry, the points, lines, planes, spaces, triangles, $\cdots$ are respectively called *s-points, s-lines, s-planes, s-spaces, s-triangles*, $\cdots$ in order to distinguish them from those in classical geometry.

Howard Iseri constructed the Smarandache 2-manifolds by using equilateral triangular disks on Euclidean plane $\mathbb{R}^2$. Such manifold came true by paper models in $\mathbb{R}^3$ for elliptic, Euclidean and hyperbolic cases. It should be noted that a more general Smarandache n-manifold, i.e. combinatorial manifold and a differential theory

on such manifold were constructed by Linfan Mao (Iseri, 2006).

Nearly all geometries, such as pseudo-manifold geometries, Finsler geometry, combinatorial Finsler geometries, Riemann geometry, combinatorial Riemannian geometries, Weyl geometry, Kähler geometry are particular cases of Smarandache geometries.[Dr.Linfan Mao,Chinese Academy of Sciences,Beijing,P.R.China,2005-2011]

Multi-space unifies science (and other) fields; actually the whole universe is a multi-space. Our reality is so obviously formed by a union of many different spaces (i.e. a multi-space, www.gallup.unm.edu/ smarandache/TRANSDIS.TXT).

Unfortunately there is not much theory behind *multi-space* (only some research done about Smarandache Geometries, that are a particular type of multi-space formed as unions of geometrical spaces). So, we can unite nano-scale space with our world scale and with cosmic scale, or we can unify the unorganic nanoscale with organic nanoscale, and so on. The domain is open to develop a multispace theory! (Smarandache, Christianto, Fu Yuhua, Khrapko, Hutchison, 2006)

Since 2002, together with Dr. Jean Dezert from Office National de Recherches Aeronautiques in Paris, worked in information fusion and generalized the Dempster-Shafer Theory to a new theory of plausible and paradoxist fusion (Dezert-Smarandache Theory): http://fs.gallup.unm.edu/ DSmT.htm. In 2004 he designed an algorithm for the Unification of Fusion Theories and rules (UFT) used in bioinformatics, robotics, military.

我与毛林繁 [1]

杨燕昌教授
(北京工业大学应用数学系，北京，100022)

毛林繁是我指导的一位高中起点的学生，我与毛林繁也是好朋友。说起来我与毛林繁的交往值得回顾。现在我把我与毛林繁的交往认真的回忆起来还是很有趣味，令人玩味并给人以启发的。在他还是十几岁少年的时候，他就喜欢数学，并看一些关于数学的参考书。他阅读中也常会遇到困难，这时，好学又有心计的他就给一本书《中学数学证明技巧》的作者吴振奎写信，说他自己希望获得吴振奎的帮助。吴振奎是一位专门撰写中学生可以看懂的，带普及性的和提高的数学趣味书籍的专家。他是天津人，当时正在读研究生，恰巧吴振奎和我住在一起。吴振奎对我说，我是天津人，是要回天津的，怕是帮不了他，吴振奎接着说，还是你来吧。于是我就把毛林繁找来谈话，这样就算认识了，也就开始了我们的友好往来。

在认识毛林繁的当口，我的处境也不乐观，也是有不少困难的。由于我初到高等院校，是个后来者，没有基础，人脉也不行，处处要小心翼翼，工作上要多干。学业上要有水平，为人要低调才能生存下去，所以我必须要付出更多的努力。我在帮助毛林繁学习的同时也可以借此提高自己的学术水平，所以我乐于帮助毛林繁。

我是在 1965 年大学毕业，在毕业的前夕，通过五、六年的刻苦学习，我觉得我在知识储备和深入思考诸方面刚刚上路，心中有了些自己的想法，正欲很好的继续深入了解，不料由于毕业全给打断了。接着就是没完没了的文革，我在一所山村学校教书。现在毛林繁跟我学习，我正好可以来试试我原来的想法能否有效，这个时候，我可以独立做主了。

唐山大地震给唐山市带来了毁灭性的严重破坏。在地震以后为了重建唐山市，国家在震后从全国各地调集了大量的建筑力量加以支援，毛林繁的全家就是那时随着建筑大军调动，举家搬家到了唐山。毛林繁随后来到了北京一所建筑行业的中专学校就读。毛林繁说高考时他家正准备搬家，没有能够很好的复习，因此考的并不理想。

我对毛林繁具体的帮助是带着他比较认真地读了三本书。我对毛林繁说，长期

---
[1] www.mathcombin.com,《新浪微博》, 2014 年 7 月 25 日

自学，贵在坚持，不能靠图名图利，自学不能影响自己的本职工作，要用以求得领导的理解和支持，以及同事们的钦佩和叹服，在收入上也不要吃亏。我还说，小毛，你学习应该是长期的。我们首先约定，每周一次，由我们两人分别讲述本周所自学内容，有疑难问题共同研究书上的意思把它解决。如果解决不了，也会继续研究。另外如果毛林繁在时间上坚持不了，我们的约定会自动消失。我们的学习还要力求弄明白。如果不然看书时看前面一知半解，看到后来就不知所云。这样就没有效果。

我选择的第一本书是青海师范学院（现青海师范大学）的施荣华所翻译的英国 Bollobás 著的《*Extremal Graph Theory*》油印本《极值图论》，这本书我看到后买了两套，正好一人一套。这本书是比较新的，其中有不少是最近的研究成果，也有可以成为研究题目的思考题，对于他的读者特别具有启发性。阅读本书，我们虽然花费了不少的时间与精力，可是我们的收获也是挺多的，它使毛林繁学会深入下去，想出解决问题的方法，以及检验自学好坏的标志。这样一来，就为毛林繁以后的自学打下了基础，铺平道路。有了这本书当底，毛林繁的第一篇论文就是在这种环境下做出的。

我对于毛林繁的第二个帮助是我们仔细的阅读的第二本书，这就是英文版本的 Kac-Moody 代数，这本书是中科院引进的，并且中科院邀请了本书的作者 Kac 教授来中国讲解有关本书的事项。Kac 也是 Kac — Moody 代数的创始人。选择这本书是因为这本书比较现代，距离现在的顶尖水平比较接近，学习这本书可以对于什么是数学有深入的理解；同时这本书是就着一个专题进行全面的，祥祥细细讲解的，而不是面俱到，蜻蜓点水式的解说。这本书由我主讲的，听众有屠规彰教授、孟大志、梁赣平、毛林繁、唐云教授也光顾。毛林繁是其中最年轻的一个，他的学习也最扎实。通过对于这本书的学习，我们接触到了最顶级的数学，领略了现在数学的思想方法，大大开放了眼界，解放了思想，拓宽知识面，接触到了现代数学的博大精彩，也体会了数学的发展方向。这本书使用纯粹的代数方法，因此也体会到纯粹代数方法的巨大威力。通过这本书学习，毛林繁就获得了不少现代数学知识和有关的方法，也算是掌握了一个最新的数学研究方向。

我对于毛林繁帮助的第三本书是这样发生的。在结束了第二本书的讲解之后，我与毛林繁有一段时间没有联系了。一天我就骑车到丰台西局毛林繁的家里去找他，我们见了面以后，我问：今后你是怎样想的？毛林繁说打算考博士生。我看离考试还有一段富裕的时间，我就说，你再学一些知识吧. 当时毛林繁刚刚结婚，我也是不太懂事，竟提出了这样的要求。但是毛林繁还是爽快的答应了。具体的要学习什么呢？我问，你这里都有些什么数学书?我在他的书架上挑了一本代数组合论（Banni 和 Ito 的*Algebraic Combinatorics*）的书说，就是它吧。我说这回你讲吧。因此这回

就是毛林繁讲的，由我和杨桂英听。本书严格来说应该是一篇论文的扩展，它讲了一条较为重要的定理。这个定理是通过代数的方法证明的。作者首先定义了矩阵的一种 (不同于普通的乘法）的乘法，然后验算了它同矩阵的普通乘法应该是同构的，利用这种定义的矩阵乘法证明了一条图论的重要定理。通过这本书的讲述更加提高了他的自学能力和知识水平的提升。

我对于毛林繁的帮助还表现在两个方面：一是自从我认识了毛林繁以后，我就把我校的科技资料借出来供他使用，毛林繁早期的几篇论文就是利用我们学校的资料写成的；二是我在高等学校教书，关于国家各专门机构举办专业的学术会议的消息比较灵通，我曾帮助他传递消息，报名等事。我说，我要帮助把他引入学术界；我还和他一起去过北京图书馆，教会他如何借阅科技资料等。从这以后，我和毛林繁一同参加过两次全国性图论学术交流会议。

后来毛林繁就投入了考博士生的准备之中，以后他顺利博士生毕业。以及他回到原单位出色的工作和继续坚持自己研究的方向并取得了优异的成绩。我则继续我的大学教书生涯。两人的来往也就少了，但一直没中断。这就是我和毛林繁交往的一段故事。

招投标违法行为须牢记[1]

见习记者 韩冰

“像我们这样的招标代理机构大部分时间都在忙业务，很少有机会专门学习法律法规，毛博士为我们补了很好的一课。”一名学员听完中国招标投标协会副秘书长毛林繁在“中国招标投标协会 2011 年第二期招标投标与监督管理培训班”上的授课后坦言。

警惕招投标 8 类违法行为

“《招标投标法》规定的违法行为基本上可以归纳为八类。”毛博士将其概括为:“招标人或招标代理机构以不合理条件排斥潜在投标人；违法泄露应当保密的与招投标活动有关的情况和资料；违规组织招标活动；串通投标；投标人弄虚作假；评标过程不规范；定标、签订合同违规；招标投标过程中，招标人、招标代理机构、投标人、评标委员会、行业监管机构以及与招标投标有关的部门、人员的其他违法违规行为等。”

对以不合理条件排斥潜在投标人的违法行为，毛博士作了详细介绍，招标代理机构在资格预审条件中不依据招标项目的特点和需要设置评审标准, 而是依据某一个或几个企业的情况设置评审标准、抬高评审标准, 特别是特种设备、技术采购, 招标代理机构一定要对自行或委托编写的参数进行论证，防止其依照某一个公司产品的技术标准或参数编写。

某些招标人或招标代理机构对潜在投标人实行歧视待遇，在资格预审条件中对省内、省外企业、系统内、系统外企业评审标准不一致, 强制规定获得过本省、本地区或本系统某种奖项额外加分。《焦点访谈》曾报道过某省建设厅出台的《房屋建筑和市政基础设施评标办法》, 这份文件里规定凡获过该省质量奖的投标人均可加 10 分,“获得国家级和其他省市质量奖项的投标人却不加分”, 毛博士认为这种以地域奖项限制投标人的行为《招标投标法》第六条规定, 也违反市场经济的原则。

“强制要求投标人组成联合体共同投标也是以不合理条件排斥潜在投标人的一种表现。”毛博士表示，有些地方强制外地企业投标须与本地一家企业联合或其中

[1]《政府采购信息报》, 2011 年 5 月 18 日

的部分工程分包给本地的一家或几家企业，违反了公平原则。

“以不合理条件排斥潜在投标人的违法行为还体现在限制投标人之间的竞争上。”毛博士说，招标人或招标代理机构设定市场准入条件，比如指定产品品牌等；强制办理投标许可，比如为提高本地税收，要求投标人必须在当地设立分公司等；颁发文件规定省内企业得多少分，省外企业得多少分，获得省内、行业内奖项加多少分等，这些都是《招标投标法》所禁止的。

自行招标需满足一定条件

《招标投标法》第十二条规定，招标人有权自行选择招标代理机构，委托其办理招标事宜，任何单位和个人不得以任何方式为招标人制定招标代理机构。招标人具有编制招标文件和组织评标能力的，可以自行办理招标事宜，任何单位和个人不得强制其委托招标代理机构办理招标事宜。

“按规定实行委托招标的，不能采取自行招标方式，而自行招标的项目可以采取委托招标或自行招标方式。”毛博士提醒学员，“依法必须进行招标的项目，招标人自行办理招标事宜的，应当向有关行政监督部门备案。”

“采取自行招标方式的招标人需满足一定条件。”毛博士特别说明，招标人应该具有与招标项目规模和复杂程度相适应的技术、经济等方面的专业人员，并且招标专业人员最近三年有与招标项目规模和复杂程度相应的招标经验，以及法规规章规定的其他条件。

施工投标人不得存在的情形

“与招标人存在利益关系的法人或其他组织不能参加投标活动。”毛博士强调：“在施工招标活动中，为本标段前期准备提供设计或咨询服务的，不能参加投标，如为工程做造价咨询、编写了项目可研的机构比其他单位提前介入项目，应当避免这部分投标人参加施工招标活动。实际操作时，专业工程招标较容易忽视这一规定，应引起学员重视。”

“本标段的监理人、代建人，以及为本标段提供招标代理服务的，不能参加招标活动。”此外，与本标段监理人或代建人或招标代理机构同为一个法定代表人的、相互控股或参股的、相互任职或工作的，不能参加投标。被责令停业的、被暂停或取消投标资格的、财产被接管或冻结的、在最近三年内有骗取中标或严重违约或重大工程质量问题的，也不能参加投标。

很多人认为，被暂停或取消投标资格在实际操作中具有地域性，比如某市建委暂停或取消某投标人的投标资格，只能在本市范围内具有效力，因此，一些在本市

受到暂停或取消投标资格的投标人往往会在外市继续投标。针对这种情况，毛博士提醒，全国的招投标市场是一个统一的整体，一处受罚即处处受罚，一旦在某地被暂停或取消投标资格，在全国范围内其他地区的投标资格均被暂停或取消，这是法律第六条的精神实质，也是国务院建设全国统一的招标投标市场的根本。

毛林繁博士回母校举行专题讲座 [1]

6 月 15 日, 万源中学高 80 届学子, 数学博士 (后) 毛林繁回母校举行 “文化传承经典 数学理会万物 - 从 1+1 在什么情况下不等于 2 谈起” 专题讲座, 并授予万源中学 “国际数学组合研究院万源实验基地”, 学校部分数学教师和 400 余名高中学生代表一起认真聆听了专题讲座。





图 5.5.1

毛林繁, 男, 1962 年 12 月 31 日生于四川省德阳市; 1980 年毕业于四川省万源中学; 北方交通大学博士、中国科学院博士后, 美国数学会评论员, 国际期刊《*International J.Mathematical Combinatorics*》主编, 北京建筑大学兼职教授, 国际中智科学学会荣誉会员。



图 5.5.2

[1] www.mathcombin.com, www.wyszx.cn

毛博士通过自己的学习过程和成长经历，同与会的师生们共同分享了数学教育智慧。毛博士倡导“教与学——以德育人”、“教与学——课内外结合”，他对数学知识及本质的思考、对“数学与人生”、“数学与生活”的研究，对数学与教育改革的认识以及在生活中的实践与分享，获得师生的充分认同，引起社会各界的广泛关注。此次讲座从下午两点开始直到晚上近七点才结束，中间没有休息，师生们听得如痴如醉，依依不舍，意犹未尽。

此次讲座，让大家受益匪浅，师生们深受启发和鼓舞，大家纷纷表示，钦佩毛林繁博士不断发展，追求卓越，超越自我的人格魅力，也特别欣赏他的数学理念，对提高师生的数学能力，起到了及其重要的指导作用。

迷恋数学的工程师 [1]

一公司北京电力生产调度中心项目总工程师毛林繁本职是建筑，干得不错，他也很迷恋数学，十五年来，建筑与数学成为他生命中的重要部分，陪他踏实走过。

1981 年，高中毕业的毛林繁到一公司三处八队做了一名架工，两年后被保送到北京市城建学校工民建专业学习，这为从小就喜欢数学的他提供了广阔的空间。在校期间，他相继参加了中科院计算中心主办的“Kac-Moody 代数讨论班”及北京工业大学主办的“分歧理论及其应用讨论班”学习，并开始向相关的学术交流会提交论文。

从城建学校毕业后，毛林繁当了综合技术员，七八年间，他先后在北京电力医院、北京四川大厦、北京财贸学院等工程做综合技术管理工作。忙绿的工作之余，他仍醉心于数学。他相继参加了“首届中国组合最优化国际讨论会”、“全国第六届图论及其应用学术交流会”、“第三届中美国际图论学术交流会”等学术交流会并向大会提交中英文论文，还在《东北数学》、《纯数学与应用数学》、《太原机械学院学报》等刊物上发表过中英文数学论文。

从 1991 年起，毛林繁开始参加北京市高等教育自学考试，专攻应用数学。去年以优异的成绩获得了北京大学理学学士学位。今年初，他报考了中科院系统的硕士研究生，不久又参加了北京大学博士生入学考试。“我已经 34 岁了，再按部就班地读硕士，太浪费时间，所以同时报考博士。”毛林繁如是说，而对旁人的赞叹，毛工很平静地说：“学数学给了我一种享受。”

在钻研数学的同时，毛林繁的技术工作也干得颇见成效。1991 年，毛工花半年时间完成了二局科研课题“采用大吨位滑膜千斤顶从事水柜顶升”，并在北京市财贸学院 100 立方米倒锥壳水塔施工中得以成功应用（这项技术先后获得“二局科技进步二等奖”、“中建总公司 QC 成果三等奖”）。参建北京木樨园体校游泳跳水训练房时，毛工细致研究了确保游泳池结构抗渗的手段和综合施工技术，保证了该工程 50 米标准游泳池的结构自防水，为国家节约了大量的大型贮液结构防水投资。在北京市档案馆结构施工中，他率先采用了插口架施工技术，调任北京电力生产调度中心总工后，他创出了以木板制作大模定型板后浇混凝土，大大加快了施工速度。毛

[1]《建筑报》，1996 年 7 月 30 日

林繁有这样一种认识：企业要发展，职工必须有主人翁精神。

毛工获得过很多荣誉，1993 年，被破格晋升为工程师。毛工对自己的要求是做事力求做好，他成功了。

毛林繁有一本自己的《生平大事记》，他将起止年限定为 1962-2042，问及理由，他认真地说："一般情况下，研究数学可以研究到 80 岁后再休息，我也打算干到 80 岁。"

PPP 项目实务及招标投标、政府采购法规培训和咨询交流会在重庆召开[1]

为了更好的服务行业、服务会员，积极做好面对面的业务咨询交流工作，帮助一线从业者解决在实际工作中遇到的重点难点问题，4 月下旬，中国招标投标协会在重庆召开了"PPP 项目实务及招标投标、政府采购法规培训和咨询交流会"，会议由中国招标投标协会副秘书长毛林繁主持，邀请了北京市律师协会招标与拍卖专业委员会主任薛起堂律师一同讲、交流、和解答。部分地方发展改革、交通、水利、住建等行政主管部门、公共资源交易管理办公室及交易中心、行业协会、招标代理和咨询服务机构等 30 家单位 70 多人参加会议。

会上，毛林繁副秘书长何薛起堂律师与参会者就一些普遍关心的问题进行交流解答。毛副秘书长从投资、建设、运营、移交等 PPP 项目重点环节，结合现行的 PPP 有关政策、项目审批及行政许可制度、招标投标和政府采购的实际案例进行讲解，包括哪些领域鼓励政府与社会资本合作，政府与社会资本在其中的作用是什么；开展 PPP 项目社会资本方采购需要满足哪些条件；怎样编制 PPP 项目社会资本方采购文件，以及怎样编制勘察、设计、施工、监理及其重要设备、材料招标文件，并利用市场竞争机制实现采购优化；如何组织资格审查、评标、竞争性谈判及磋商，防范采购风险等市场比较关注的重点难点问题与参会人员进行了讲解与交流。薛律师依据《招标投标法》、《政府采购法》、《合同法》及实务案例，对怎样处理招标投标及政府采购中质疑、投诉处理；怎样进行采购结果公示及公告及相关法律问题；怎样预防中标、成交无效和合同无效；怎样通过采购机制防范合同履约风险；怎样组织 PPP 项目合同履约，评估履约效果等 6 个涉及法律的问题进行了讲解和交流。现场与会人员就如何帮助政府做好 PPP 项目的落地；如何保障民间资本与政府项目合作的收益；以及招标投标法、政府采购法在 PPP 项目采购中如何运用等近百个问题进行了提问，专家注意进行了解答并指导其操作。

参会人员普遍反映这种面对面的咨询交流方式很好，能够有针对性的解决工作中遇到的各种问题。对于长期模糊不清的问题给出了清晰准确的答案，对于 PPP 项目流程及各环节所涉及的采购和法律问题，以及对招标投标法和政府采购法以及

[1] www.ctba.org.cn

相关要求更加清楚，对从业人员拓展和提高业务能力大有帮助，希望这种面向市场的咨询交流能够继续办下去，为市场和从业人员做好精准服务。

应与会者和市场从业人员普遍要求，中国招标投标协会将于 6 月底在郑州，就 PPP 项目操作实务及相关案例等市场普遍关心的问题，继续组织类似咨询、交流及培训活动，以促进 PPP 模式在推动经济发展中的作用。

用专业理念引领中国城市治理与 PPP 发展[1]

由人民日报社指导，中国城市报社和中国城市治理现代化研究院主办的“2016 中国城市大会城市治理与 PPP 发展论坛”于 11 月 26 日在北京国家会议中心成功召开，来自北京、湖南、甘肃、青海、山东等省市的四十多个市县领导和招商引资负责人，中国股权投资基金协会等国内知名投资机构代表，中国国际工程咨询公司、北京大岳咨询有限责任公司、上海济邦投资咨询有限公司等 PPP 咨询机构代表，以及行业协会、大学代表等 200 余人出席了本次。论坛嘉宾演讲、PPP 投资与咨询机构联盟启动和 PPP 实践交流三个板块，分别前城市公共服务供给侧改革中的一些热点、难点问题，以及其治理的 PPP 市场机制进行了深入的探讨与交流，是一次融合政府、企业、大学和科研机构各方智慧，打造城市治理体系与治理能力现代化的盛会。

中国城市治理现代化研究院院长余以军在论坛开幕式致辞中表示，中国城市治理现代化研究院的定位是以城市治理体系和治理能力为研究对象，以中央重点媒体为依托，以中央对新型国家智库的要求为使命，以问题导向加专业加资源为核心，广泛开展公共政策和以城市为中心的地方治理成就得失的第三方评估，提供专业可靠、资源匹配、科学有效之解决方案的党管的国家智库。今天在这里召开“中国城市治理与 PPP 发展论坛暨中国 PPP 投资联盟、中国 PPP 咨询机构联盟启动仪式，”可以为地方经济建设和一带一路沿线 PPP 项目提供优质、专业、高效的融资与咨询服务，确保项目操作每一环节都能够顺利的进行，确保项目质量，意义十分重大。他表示，本次论坛结束后，中国城市治理现代化研究院将更加细致地安排各方面的工作，加快地方分院的建设进度，发挥区域规划与项目策划委员会的作用，努力把这个论坛办成世界级城市治理和 PPP 发展展示的交流平台。

嘉宾演讲环节中，中国国际工程咨询公司研究中心主任李开孟、中国城市治理现代化研究院副院长、PPP 委员会主任毛林繁和国家卫计委项目资金监管中心黄发强分别就城市治理 PPP 运作的国际经验与国内 PPP 模式引入的初衷，城市动态数学模型、城市病与公共服务治理、国家智库的第三方城市治理评估机制和医院 PPP 项目模式应用相关政策等专题，结合各自研究成果和政策进行了演讲，四川省万源

[1]《中国城市报》，2016 年 12 月 5 日

市副市长仇川代表万源市政府，就列入西部大开发重点脱贫区和一带一路长江经济带的川东革命老区万源市的人文特点、万源十三五规划和投资需求进行了演讲，向与会企业家和投资者参与万源市经济建设表达了期盼。

PPP 投资和咨询机构联盟启动仪式上，余以军结合国务院办公厅新近颁布的《地方政府性债务风险应急处置预案》指出，在国家对地方债务风险管控背景下，国家直接投资的地方建设项目日益减少，大量地方项目缺资金，急需寻找社会资本投资；与此同时，一些地方政府区域规划、项目策划能力不够，缺少专业策划。为此，研究院各委员会整合了国内一些知名专家，同时，挑选了一批投资实力强的投资企业和咨询业绩突出、市场信誉好的咨询机构，组建中国 PPP 投资联盟和中国 PPP 咨询机构联盟，以与地方经济建设实现精准对接。

中国股权投资基金协会秘书长李伟群、北京金润集团资产投资中心首席执行官杨健、中建政研集团董事长梁舰分别代表中国 PPP 投资联盟、中国 PPP 咨询机构联盟在联盟启动仪式上进行了发言。李伟群在发言中表示，股权投资行业期待着在 PPP 这个国家大潮中发挥优势，参与中国 PPP 投资联盟的发起，与联盟同仁一起来探讨城市发展问题，寻求更好的解决方案。杨健发言中表示，作为多年的投资机构，不仅看到了 PPP 的精彩，也感受到 PPP 的曲折，但在投资机会把握中，接触到了中国城市治理现代化研究院 PPP 委员会，在其 PPP 项目管理平台上不仅对接了政府项目资源，还有一支强大的 PPP 专家团队，实现了专业精准对接，进而依法保护了 PPP 项目各方，包括政府和投资机构的权益。

实践交流环节中，北京大岳咨询有限责任公司总经理金永祥、上海济邦投资咨询有限公司董事长张燎、国信招标集团股份有限公司 PPP 中心副主任童再军、伟东云教育集团副总裁汤子海北京中建政研集团专家委员会委员、住建部 “PPP 模式在城市综合管廊工程中的应用研究课题” 组副组长宋志宏、安徽省招标集团总经理蒋玉红等演讲嘉宾，分别就咨询公司在 PPP 项目策划中的作用、城市养老事业治理、智慧城市建设、互联网 + 智慧教育、城市综合管廊，以及城乡生活垃圾治理等，结合其实际完成的 PPP 策划实践案例进行了演讲与交流。

论坛闭幕仪式上，毛林繁副院长指出，城市治理是一个永恒的话题，实现其治理体系和治理能力现代化是党的十八届三中全会为城市治理提出的最终目标和要求，这当中的主体既涉及到政府，又涉及企业和公民。为此 2015 中央城市工作会议明确要求，政府要创新城市治理方式，要全面贯彻依法治国方针，依法规划、建设、治理城市；要提高市民文明素质，尊重市民对城市发展决策的知情权、参与权、监督权，鼓励企业和市民通过各种方式参与城市建设、管理，真正实现城市共治共管、共建共享，进而促进城市治理体系和治理能力现代化，这是中国城市化进程的

航标，而 PPP 资本合作恰是实现“共治共管、共建共享”的市场机制，也是举办本次论坛的初衷。



图 4.7.1

本次论坛从政策高度、理论深度和实践广度对城市治理现代化进行了交流与探讨，为发挥市场配置资源的决定性作用释放更多的活力。与会代表会后纷纷表示，本次论坛既有嘉宾的演讲，又有观点的交锋，还有不同领域的 PPP 实践交流，同时，见证了“中国 PPP 投资联盟”和“中国 PPP 咨询机构联盟”的启动仪式，论坛主题鲜明，将进一步促进地方人民政府贯彻执行 2015 年中央城市工作会议精神，贯彻中央创新、协调、绿色、开放、共享的发展理念，不断提升城市环境质量、人民生活质量、城市竞争力，完善城市治理体系，提高城市治理能力，实现城市政府、社会、市民共治共管、共建共享行动，建设和谐宜居、富有活力、各具特色的现代化城市。

毛林繁简介 [1]

毛林繁，男，1962 年 12 月 31 日生于四川省德阳市；1980 年毕业于四川省万源市万源中学；工学博士、数学博士后，美国数学会评论员，国际期刊《*International J. Mathematical Combinatorics*》主编，北京建筑工程学院兼职教授。

1981 年 -1998 年在中国建筑第二工程局工作，其间 1983 年 9 月 -1987 年 7 月北京城市建设学校工业与民用建筑专业学习，1991 年 3 月 -1995 年 6 月参加北京市高等教育应用数学专业自学考试，获本科文凭和北京大学颁发的学士学位；1999 年 4 月考入北方交通大学，师从刘彦佩教授攻读博士学位研究拓扑图论与组合地图；2002 年 3 月完成博士论文《论曲面上给定基础图的地图》（*A census of maps on surfaces with given underlying graphs*），同年 11 月获得博士学位；2003 年 6 月起在中国科学院管理、信息与决策研究室从事博士后研究工作，2005 年 5 月完成博士后报告《论地图与 Klein 曲面的自同构》（*On Automorphisms of Maps and Klein Surfaces*）。2007 在美国创办《*International J.Mathematical Combinatorics*》学术期刊并任主编。

研究工作涉及 Smarandache 几何、现代微分几何、组合地图、图论、运筹学和理论物理等多个领域，先后在国内外一些著名刊物，如《*Graphs and Combinatorics*》、《*Australasian J.Combinatoric*》、《*J.Appl.Math & Computing*》、《*JP J.Geometry and Topology*》、《*Acta Mathematica Sinica*》、《*International J. Mathematical Combinatorics*》、《*Magna Scientia*》、《数学物理学报》、《运筹学学报》、《中国公路学报》、《建筑技术》和《建筑安全》等学术期刊上发表论文五十多篇，在美国出版过两本数学学术专著、两本数学、物理论文集，在英国出版一本数学论文集。

Linfan Mao is a researcher fellow of Chinese Academy of Mathematics and Systems, a professor of Beijing Institute of Civil Engineering and Architecture and a deputy general secretary of the China Tendering & Bidding Association, in Beijing. His main interesting focus on Mathematical Combinatorics and Smarandache multi-spaces with applications to sciences, particularly on topology, differential geometry and theoretical physics. He is the Editor-in-Chief of the journal *International*

[1] www.paper.edu.cn “优秀学者简介”, www.baidu.com “百度词条”, www.baike.com “互动百科”, www.baike.so.com “360 百科” www.sogou.com “搜狗百科”。

J.Math.Combin. published quarterly in USA.

He was born in December 31,1962 in Deyang of Sichuan in China. Graduated from Sichuan Wanyuan School in July, 1980. Then worked in the China Construction Second Engineering Bureau First Company, began as a scaffold erector then learnt in the Beijing Urban Construction School from 1983 to 1987. After then he came back to this company again. Began as a technician then an engineer from 1987 to 1998. In this period, he published 5 papers on graph theory. He got his BA in applied mathematics in Peking University in 1995 learnt by himself. In 1999, he leaved this engineering company and began his postgraduate study in the Northern Jiaotong University, also worked as a general engineer in the Construction Department of Chinese Law Committee. In 2002, he got a PhD with a doctoral thesis *A Census of Maps on Surface with Given Underlying Graphs* under the supervision of Professor Y.p.Liu. From June, 2003 to May, 2005, he worked in *Chinese Academy of Mathematics and Systems* as a post-doctor and finished his report: *On Automorphisms of Maps, Surfaces and Smarandache Geometries*. He published more than 50 papers on Smarandache multi-spaces, graphs, topology, geometry, physics and construction., also published 7 books in USA and England.

毛林繁简介[2]

毛林繁现为中国科学院数学与系统科学研究院研究人员，《人民日报》社主管的中国城市治理现代化研究院副院长、首席研究员，国际数学组合及应用研究院（AMCA，美国）院长，北京建筑大学兼职教授，《国际数学组合杂志》（ISSN 1937-1055）主编。他于 2002 年获得北方交通大学博士学位，2005 年完成中国科学院博士后研究报告。他的研究兴趣主要集中在数学组合、Smarandache 重叠空间及其对科学的应用，包括组合学、图论、代数学、拓扑学、几何学、微分方程、相互作用系统、生物数学、理论物理、平行空间和经济学。现如今，他在上述领域已经公开发表了八十余篇论文，九部专著或文集。例如，2011 年美国教育出版有限公司出版的《地图、曲面及 Smarandache 几何自同构群》、《组合几何及其在场论中的应用》和《Smarandache 重叠空间理论》等 3 部数学及其应用专著，2007 年美国研究出版社出版的《工程建设项目招标采购理论与实践》，2013 年中国建筑工业出版社出版的《招标采购理论基础》、《招标投标法条文辨析及案例分析》等，以及一些著名的论

[2]www.engii.org, www.mathcombin.com

文，例如，他在《国际数学组合杂志》发表的"组合思想及数学组合猜想"(2007)和"非数学上的数学"(2014)，以及 2015 年在有着一百多年历史的《加尔各答数学会通讯》发表的"数学与自然真实 - 作用流理论"等，引起了国际学术界的普遍关注。

Linfan Mao is a researcher of Chinese Academy of Mathematics and System Science, a vice-president, also a chief professor of China Academy of Urban Governance, the president of Academy of Mathematical Combinatorics with Applications (AMCA, USA), an adjunct professor of Beijing University of Civil Engineering and Architecture, and the editor-in-chief of International J.Mathematical Combinatorics (ISSN 1937-1055). He got his Ph.D in Northern Jiaotong University in 2002 and finished his postdoctoral report for Chinese Academy of Sciences in 2005. His research interest is mainly on mathematical combinatorics and Smarandache multi-spaces with applications to sciences, includes combinatorics, graph theory, algebra, topology, geometry, differential equations, interaction system, biological mathematics, theoretical physics, parallel universe and economy. Now he has published more than 80 papers and 9 books on mathematics and engineering management on these fields, such as those of Automorphism Groups of Maps, Surfaces and Smarandache Geometries, Combinatorial Geometry with Applications to Field Theory and Smarandache Multi-Space Theory, 3 books in mathematics by The Education Publisher Inc. of USA in 2011, Theory and Practice in Construction Project Bidding & Purchase by American Research Press in 2007, The Foundation of Bidding Theory and The Provisions of Clauses of the Law on Tendering and Bidding of P.R.China with Cases Analysis in Chinese by China Architecture & Building Press in 2013, and famous papers, such as those of Combinatorial Speculation and Combinatorial Conjecture for Mathematics, Mathematics on Non-mathematics on International J.Mathematical Combinatorics respectively in 2007 and 2014, and Mathematics with Natural Reality – Action Flows on Bulletin of Calcutta Mathematical Society in 2015, an established journal of more than 100 years.

毛林繁副院长[3]

原中国招标投标协会副秘书长，工学博士及中国科学院数学博士后，教授级高

[3]www.zgcsb.org.cn

级工程师，美国数学会评论员，美国《国际数学组合杂志》主编，北京建筑大学兼职教授、研究生导师、招标采购专业建设委员会主任。曾入选美国《Who'sWho》，兼任过国际数学组合研究院（美国）院长，“国际中智科学学会”（美国的）荣誉会员。

其多年的研究工作主要集中在基础数学与应用数学、理论物理、动力系统、投融资、采购和建设项目管理等领域，是集数学及其应用、采购经济和项目管理等多科为一身的综合性学者。多次应邀为国际学术会议作大会报告，其研究思想及成果更是得到国际同行们的普遍赞许。先后在国内外一些著名学术刊物上发表组合、拓扑、几何、理论物理、循环经济及采购和工程建设管理等论文八十余篇，在美国先后出版三本数学研究生教材、两本工程招标采购理论专著和一本论文集，在英国出版一本数学论文集；在国内出版高等学校招标采购专业本科生试用教材《招标采购理论基础》、《招标投标法条文辨析及案例分析》等 2 部招标采购理论专著，参与了《中华人民共和国招标投标法实施条例》起草，以及大型手册《建筑工程施工组织设计实例应用手册》和《建筑工程施工实例手册》（II 和 VII）的编写；是《中华人民共和国标准施工招标资格预审文件》（2007 版）和《中华人民共和国标准施工招标文件》（2007 版）及其使用指南，全国《评标专家专业分类标准（试行）》（2010 年版）及其使用指南的主要编写专家。2008 年起担任全国招标师职业水平考试辅导教材指导委员会委员、《招标采购案例分析（2009 年）》辅导教材副主编，《招标采购案例分析（2012 年）》辅导教材主编。

2015 年牵头组建中国招标投标协会特许经营专业委员会。他先后参与十多个工程项目施工策划与管理，并作为招标代理机构项目经理完成了数百个采购项目，如国家体育场“鸟巢”工程监理采购等。作为国内知名的数学与采购、工程项目管理和 PPP 项目策划专家，他从 2000 年起在国内从事招标采购、政府采购和 PPP 项目策划、管理与讲座，授课四百余场，听众达到五万余人。







作者简介：赵德海，原中国法学会机关党委书记、办公室主任.

毛林繁 1985-2016 分年论著目录

1985 年

1. 傅氏级数、拉氏变换及 RMI 原则，中专数学研究,1 (1985)，29-32。
2. 学习数学的点滴体会，中专数学研究，2 (1985)，22-23。

1990 年

1. The maximum size of r-partite subgraphs of a K3-free graph, 东北数学, 4 (1990),417-424。

1992 年

1. 北京财贸学院 100m3 水柜顶升施工，滑模工程，1 (1992)。
2. (与马刚合著) 北京木樨园体校 50m 标准游泳池结构抗渗施工, 建筑科技, 4 (1992)。

1993 年

1. （与马刚合著）北京木樨园体校 62m 无粘结预应力混凝土大梁施工，建筑科技，1 (1993)。

1994 年

1. (与杨燕昌合著) R(G)=3 的自中心图的圈结构研究，纯粹数学与应用数学，Vol. 10 (增刊) (1994),88-98。
2. Hamiltonian graphs with constraints on vertices degree in a subgraphs pair, 太原机械学院学报，Vol. 15 (增刊) (1994),79-90。

1995 年

1. (与马刚合著) 北京木樨园体校游泳池抗渗混凝土结构施工, 建筑技术, 5 (1995)
2. 游泳池结构抗渗施工技术，中国实用科技成果大词典 (95 版)，1995。
3. 采用大吨位滑模千斤顶从事水柜顶升施工技术，中国实用科技成果大词典 (95

版)，1995。

1996 年

1. 有给定半径自中心图的最大边数，西安电子科技大学学报，Vol. 23 (增刊) (1996), 6-10。
2. 混凝土涨模原因分析及防治，建筑科技，2 (1996)。

1997 年

1. 怎样编写高层建筑施工安全防护方案，建筑安全，11 (1997)。

1998 年

1. A localization of Dirac's theorem for hamiltonian graphs, 数学研究与评论，Vol.18, 2(1998),188-190。
2. 混凝土涨模原因分析及防治，建筑技术，9 (1998)。
3. 怎样编写高层建筑施工安全防护方案，建筑科技，1 (1998)。

1999 年

1. 学校一期工程施工组织总设计，彭圣浩主编：建筑工程施工组织设计实例应用手册，中国建筑工业出版社，1999。
2. 游泳池工程施工组织设计，徐家和主编：建筑工程施工组织设计实例应用手册，中国建筑工业出版社，1999。
3. 北京木樨园体校游泳池抗渗混凝土结构施工, 中国建筑工程总公司编：建筑工程施工实例手册(2), 中国建筑工业出版社，1999。

2000 年

1. 局部化 Fan 条件的一个推广，曲阜师范大学学报 (自然科学版)，Vol. 26, 3(2000), 25-28。
2. 北京电力生产调度中心施工质量控制与管理，建筑科技，2 (2000)。
3. 北京电力生产调度中心装饰工程施工，建筑工程施工实例手册(7), 中国建筑工业出版社，1999。

2001 年

1. （与刘彦佩合著）哈密尔顿图的一类新的局部化充分条件，曲阜师范大学学报

（自然科学版），Vol. 27，2(2001), 18-22。

2. (with Liu Yanpei)On the eccentricity value sequence of a simple graph, 河南师范大学学报（自然科学版）, 4(2001), 13-18。

3. (with Liu Yanpei)An approach for constructing 3-connected non-hamiltonian cubic maps on surfaces,*OR Transactions*, 4(2001), 1-7。

2002 年

1. *A census of maps on surfaces with given underlying graphs*, A Doctorial Dissertation, Northern Jiaotong University, 2002。

2. On the panfactorical property of Cayley graphs, 数学研究与评论, 3(2002), 383-390。

3. 城市公交网络可靠性的双层规划模型，中国公路学报, 3 (2002) , 88-91。

4. Localized neighborhood unions condition for hamiltonian graphs, 河南师范大学学报（自然科学版), 1(2002), 16-22。

2003 年

1. (with Liu Yanpei) New automorphism groups identity of trees, 数学进展, 5(2002), 113-117。

2. (with Liu Yanpei)Group action approach for enumerating maps on surfaces, *J. Applied Math. & Computing*, Vol.13(2003), No.1-2, 201-215。

3. （与刘彦佩合著）图的可定向嵌入的标根可数性，数学物理学报, 3 (2003) ,287-293。

4. （与刘峰合著）顶点距离 ≥ 2 的局部化条件与哈密尔顿图，河南师范大学学报（自然科学版）, 1(2003),17-21。

2004 年

1. (with Yanpei Liu)A new approach for enumerating maps on orientable surfaces, *Australasian J. Combinatorics*, Vol.30(2004), 247-259。

2. （与田丰合著）Riemann 曲面上 Hurwitz 定理的组合推广，中国科学院博士后前沿与交叉学科学术论坛论文集，2004 年 12 月,75-89。

2005 年

1. (with Feng Tian)On oriented 2-factorable graphs, *J.Applied Math. & Computing*,

Vol.17(2005), No.1-2, 25-38。

2. (with Liu Yanpei and Tian Feng)Automorphisms of maps with a given underlying graph and their application to enumeration,*Acta.Math.Sinica*, Vol.21, 2(2005), 225-236。

3. On Automorphisms of Maps and Klein Surfaces,中国科学院博士后报告，2005.6。

4. A new view of combinatorial maps by Smarandache' notion, e-print: *arXiv: math.GM/0506232*.

5. *Automorphism Groups of Maps, Surfaces and Smarandache Geometries*, American Research Press, 2005。

6. On automorphism groups of maps, surfaces and Smarandache geometries, *Scientia Magna*, Vol.1(2005), No.2, 55-73。

7. Parallel bundles in planar map geometries, *Scientia Magna*, Vol.1(2005), No.2, 120-133。

2006 年

1. with Yanpei Liu and Erling Wei) The semi-arc automorphism group of a graph with application to map enumeration, *Graphs and Combinatorics*, Vol.22, No.1 (2006), 93-101。

2. *Smarandache Multi-Space Theory*, Hexis, Phoenix, American 2006。

3. 中国工程建设项目施工招标技巧与案例分析 –Smarandache 重空间招标模型, Xiquan Publishing House, 2006。

4. On algebraic multi-group spaces, *Scientia Magna*, Vol.2,No.1(2006), 64-70。

5. On multi-metric spaces, *Scientia Magna*, Vol.2,No.1(2006), 87-94。

6. On algebraic multi-ring spaces, *Scientia Magna*, Vol.2,No.2(2006), 48-54。

7. On algebraic multi-vector spaces, *Scientia Magna*, Vol.2,No.2(2006), 1-6。

8. 理论物理引发的二十一世纪数学－ Smarandache 重空间理论，中国科技论文在线：200607-91。

9. 招标评价体系的数学模型及求解分析, 中国科技论文在线：200607-112。

10. Combinatorial speculation and the combinatorial conjecture for mathematics, *arXiv: math.GM/0606702* and *Sciencepaper Online:200607-128*。

11. A multi-space model for Chinese bidding evaluation with analyzing, *arXiv: math.GM/0605495*。

12. Smarandache 重空间及相关数学组合理论, 见易媛、亢小玉编《Smarandache 问

题研究》, High American Press, 2006。

2007 年

1. Geometrical theory on combinatorial manifolds, *JP J. Geometry and Topology*, Vol.7, 1(2007), 65-113。
2. An introduction to Smarandache multi-spaces and mathematical combinatorics, *Scientia Magna*, Vol.3, 1(2007), No.1, 54-80。
3. Combinatorial speculation and combinatorial conjecture for mathematics, *International J. Math.Combin.*, Vol.1,2007, 1-19。
4. Pseudo-manifold geometries with applications, *International J. Math.Combin.*, Vol.1,2007, 45-58。
5. A combinatorially generalized Stokes theorem on integration, *International J. Math.Combin.*, Vol.1,2007, 67-86。
6. *Smarandache geometries & map theory with applications*(I), Chinese Branch Xiquan House, 2007。
7. Differential geometry on Smarandache n-manifolds, in Y.Fu, L.Mao and M.Bencze ed. *Scientific Elements*(I), 1-17。
8. Combinatorially differential geometry, in Y.Fu, L.Mao and M.Bencze ed. *Scientific Elements*(I), 155-195。
9. 工程建设项目招标采购理论与实践, American Research Press, 2007。

2008 年

1. Curvature equations on combinatorial manifolds with applications to theoretical physics, *International J. Mathem.Combin.*, Vol.1, 2008,16-35。
2. Combinatorially Riemannian submanifolds, *International J. Math.Combin.*, Vol.2, 2008, 23-45。
3. Extending homomorphism theorem to multi-systems, International J. Math. *Combin.*, Vol.3, 2008,1-27。
4. Actions of multi-groups on finite sets, *International J. Mathe.Combin.*, Vol.3, 2008, 111-121。

2009 年

1. Topological multi-groups and multi-fields, *International J. Math.Combin.*, Vol.1,

2009, 8-17。

2. Euclidean pseudo-geometry on R^n, *International J. Math.Combin.*, Vol.1, 2009, 90-95。

3. 推动招标投标市场不断走向规范，中国建设报，2009 年 1 月 24 日。

4. 全国招标采购人员职业水平考试辅导教材之四 -《招标采购案例分析》(副主编)，中国计划出版社，2009。

5. Combinatorial fields - an introduction, *International J. Math.Combin.*, Vol.3, 2009, 01-22。

6. *Combinatorial Geometry with Application to Field Theory*, InfoQuest Press, 2009。

2010 年

1. Relativity in combinatorial gravitational fields, *Progress in Physics*, Vol.3,2010, 39-50。

2.《2010 年招标师职业水平考试复习指导》–《招标采购案例分析》(主编)，中国计划出版社，2010 年。

3. A combinatorial decomposition of Euclidean spaces R^n with contribution to visibility, *International J. Math. Combin.*, Vol.1, 2010, 47-64。

4. Labeling, covering and decomposing of graphs – Smarandache's notion in graph theory, *International J. Math. Combin.*, Vol.3, 2010, 108-124。

5.*Let's Flying by Wings – Mathematical Combinatorics & Smarandache Geometries* (in Chinese with English abstract), Chinese Branch Xiquan House, 2010。

2011 年

1. Sequences on graphs with symmetries, *International J. Math.Combin.*, Vol.1, 2011, 20-32。

2. *Automorphism Groups of Maps, Surfaces and Smarandache Geometries* (Second edition), Graduate Textbook in Mathematics, The Education Publisher Inc. 2011。

3. *Combinatorial Geometry with Applications to Field Theory*(Second edition), Graduate Textbook in Mathematics, The Education Publisher Inc. 2011。

4. *Smarandache Multi-Space Theory*(Second edition), Graduate Textbook in Mathematics, The Education Publisher Inc. 2011。

5. Graph structure of manifolds with listing, *International J.Contemp.Math. Sci-*

ence, Vol.5,2011, No.2, 71-85。
6. 深化体制改革，系统构建招标投标市场运行机制，求是理论网，2011 年 2 月 28 日，中国招标投标，3 (2011)。
7. 串通投标的经济行为分析及市场对策，中国招标投标，5 (2011)。
8. 统一市场交易规则，促招标投标事业健康发展，中国招标投标，12 (2011)。

2012 年

1. 科学构建招标采购理论体系，中国招标投标，1-2 (2012)。
2. 从经济学出发，构建招标采购理论体系，政府采购信息报，2012 年 2 月 17 日。
3. A generalization of Seifert-Van Kampen theorem for fundamental groups, *Far East Journal of Math.Sciences*, Vol.61 No.2 (2012), 141-160。
4. 全国招标采购人员职业水平考试辅导教材 –《招标采购案例分析》（主编），中国计划出版社，2012。
5．Linear isometries on pseudo-Euclidean space, *International J. Math. Combin.*, Vol.1, 2012, 1-12。
6．Non-solvable spaces of linear equation systems, *International J. Math.Combin.*, Vol.2, 2012, 9-23。

2013 年

1. *Let's Flying by Wings – Mathematical Combinatorics & Smarandache Geometries* (New Expanded Edition), Chinese Branch Xiquan House, 2013。
2.（与李帅锋合著）招标采购风险分析及对策，招标采购管理，2013 年第 1 期。
3. 招标投标法实施条例特别词组语义辨析，招标采购管理，2013 年第 2 期。
4. 深化行政审批改革，加强招标投标行业组织自律与服务，招标采购管理，2013 年第 4 期。
5. 规范主体行为促进行业健康发展 – 谈招投标市场存在的问题及解决办法, 中国建设报，2013 年 3 月 1 日。
6. Global stability of non-solvable ordinary differential equations with applications, International J. Math.Combin., Vol.1, 2013, 1-37。
7. （与张俊合著）招标采购理论基础，中国建筑工业出版社，2013。
8. （与李帅锋合著）招标投标法条文辨析及案例分析，中国建筑工业出版社，2013。
9. Non-solvable equation systems with graphs embedded in R^n, Proceedings of the First International Conference on Smarandache Multispace and Multistructure, The

Education Publisher Inc. July, 2013，also in International J. Math.Combin., Vol.2, 2013, 8-23。

10. 规范招标投标活动中几个核心问题，河南招标投标，2013 年第 1 期。

11. 招标采购行为约束理论分析，招标与投标，2013 年第 1 期。

12. 招标采购经济效用及择优分析，招标与投标，2013 年第 2 期。

13. 招标采购项目风险分析与控制，招标与投标，2013 年第 3 期。

2014 年

1. 投标人不得以低于成本报价竞标的法理与实践，招标与投标，2014 年第 1 期。

2. 电子招标，一个美丽的神话，招标与投标，2014 年第 4 期。

3. A topological model for ecologically industrial systems, *International J.Math. Combin.*, Vol.1(2014), 109-117。

4. Geometry on G^L system of homogenous polynomials, *International Journal of Contemporary Mathematical Sciences*, Vol. 9, 2014, No.6, 287 - 308。

5. 论招标采购六大关系，招标与投标，2014 年第 5 期。

6. 明确实施方案 践行绿色采购，政府采购信息报，2014 年 7 月 7 日。

7. 采购代理机构参与履约验收是其职能体现，政府采购信息报，2014 年 8 月 11 日。

8. 招标投标法与采购经济宗旨对比分析，招标与投标，2014 年第 8 期。

9. 产业绿色采购技术纲领及优化模型，招标与投标，2014 年第 10 期。

10. Mathematics on non-mathematics, *International J.Math. Combin.*, Vol.3(2014), 1-34。

11. Geometry on non-solvable equations - A review on contradictory systems, Reported at the International Conference on Geometry and Its Applications, Jardpour University, October 16-18, 2014, Kolkata, India, Also appeared in *International J. Math.Combin.*, Vol.4, 2014, 18-38。

12. 依法治国，规范公共资源交易与管理，招标采购管理，2014 年底 12 期，16-21。

2015 年

1. Extended Banach $\overrightarrow{G}$-flow spaces on differential equations with applications, *Electronic J.Mathematical Analysis and Applications*, Vol.3, No.2(2015), 59-91。

2. A new understanding of particles by $\overrightarrow{G}$-flow interpretation of differential equation, *Progress in Physics*, Vol.11, 3 (2015),193-201。

3. Cauchy problem on non-solvable system of first order partial differential equations with applications, *Methods and Applications of Analysis*, Vol. 22, 2 (2015) , 171-200。
4. A review on natural reality with physical equations, *Progress in Physics*, Vol.11, 3 (2015), 276-282。
5. Mathematics after CC conjecture-Combinatorial notions and achievements, *International J. Math.Combin.*, Vol.2, 2015, 1-31。
6. 缔约违法影响采购结果须承担违法责任，招标与投标，2015 年第 6 期，4-5。
7. Mathematics with natural reality – action flows, *Bull.Cal.Math.Soc.*, Vol.107, 6(2015), 443-474。

2016 年

1. Labeled graph – a mathematical element, *International J. Math.Combin.*, Vol.3, 2016, 27-56。
2. 城市公共服务供给侧改革的市场机制 – 资本合作，招标与投标，2016 年第 10 期，6-10。
3. Biological n-system with global stability, *Bull.Cal.Math.Soc.*, Vol.108, 6(2016), 403-430。



Abstract: This book is for students and young scholar, words of a mathematician, also a physicist and an economic scientist to them through by the experience himself and his philosophy. By recalling each of his growth and success steps, i.e., beginning as a construction worker, obtained a certification of undergraduate learn by himself and a doctor's degree in university, promoting mathematical combinatorics for contradictory system on the reality of things and economic systems, and after then continuously overlooking these obtained achievements, raising new scientific topics in mathematics, physics and economy by Smarandache's notion and mathematical combinatorics in his research, tell us the truth that "*all roads lead to Rome*", which maybe inspires students and young scholars in mathematical sciences, physics and economy, and also beneficial to the development of bidding business and state governance in China.

中文摘要: 这是一本写给青年朋友和青年学者的书，是一位集数学、物理和经济等多科为一身的学者通过自身经历及其人生观、世界观对青年朋友说的话。作者通过一系列文章，回忆了其高中毕业后，由一个普通建筑工人，通过自学完成本科学业，并以同等学历的身份考入高等学校攻读博士学位，讲述了"*条条道路通罗马*"的成才之路，以及在其后来科学研究中融入"*人与自然协调发展*"，即在研究矛盾系统的同时，倡导数学组合并探寻自然真实，并不断否定自我，不断采用数学组合和 Smarandache 思想给自己提出数学、物理和经济的挑战课题进行研究，对勉励广大的青年学生和青年学者成才与创新具有激励和借鉴作用。书中收录的作者对招标采购经济理论与资源配置研究文章，对推动中国招标投标事业健康发展和资源优化配置，完善国家治理结构不无益处。

